



MESTRADO EM ENGENHARIA DE SEGURANÇA E HIGIENE OCUPACIONAIS

Dissertação apresentada para obtenção do grau de Mestre
Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais
Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

RESPOSTA FISIOLÓGICA À EXPOSIÇÃO AO FRIO EXTREMO EM AMBIENTE CONTROLADO

João António Pereira Cardoso

Orientador: Professor Doutor Tomi Zlatar (Escola Politécnica da Universidade de Pernambuco)

Coorientador: Professora Doutora Joana Guedes (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

Arguente: Professora Doutora Joana Carvalho dos Santos (Escola Superior de Saúde - Politécnico do Porto)

Presidente do Júri: Professor Doutor João Manuel Abreu dos Santos Baptista (Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto)

2018



Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto

Rua Dr. Roberto Frias, s/n 4200-465 Porto PORTUGAL

VoIP/SIP: feup@fe.up.pt

ISN: 3599*654



Telefone: +351 22 508 14 00



Fax: +351 22 508 14 40



URL: <http://www.fe.up.pt>



Correio Electrónico: feup@fe.up.pt

AGRADECIMENTOS

A realização deste trabalho não teria sido possível sem o contributo de várias pessoas que comigo se foram cruzando nos últimos dois anos. Aos que me acompanharam no Mestrado em Engenharia de Segurança e Higiene Ocupacionais, nos Silos de Leixões, na Central Termoelétrica da Tapada do Outeiro e na SOCORI, e que me auxiliaram com uma palavra amiga que fosse, o meu mais sincero obrigado.

Agradeço aos Professores João Santos Baptista, Joana Guedes, Tomi Zlatar e José Castela Torres Costa pela exigência, acompanhamento, orientação e conhecimento transmitido. Obrigado à colega Denisse Bustos pelo importante contributo nesta etapa final.

Ao Joaquim Oliveira, colega de estudos, de trabalho e amigo, o meu obrigado pelo companheirismo e apoio nos dias mais difíceis.

Agradeço a todos os voluntários que abdicaram do seu tempo para participar na investigação.

À minha família, amigos e à Catarina.

RESUMO

A exposição ao frio extremo desencadeia, nos humanos, uma série de respostas fisiológicas, cujo controlo é necessário quando se trata de uma exposição ocupacional. O objetivo do presente estudo foi analisar a evolução da temperatura interna corporal, da temperatura média da pele, da pressão arterial e frequência cardíaca bem como a sensação térmica dos voluntários durante a exposição ao frio extremo (-20 °C), com a proteção usual para este tipo de exposição. De um total de 9 indivíduos saudáveis, e com recurso a uma câmara climática, mediu-se, durante e após o período de exposição, a temperatura intra-abdominal e a temperatura da pele e, no período de repouso, a pressão arterial e a frequência cardíaca. Foi ainda utilizado um questionário de sensação térmica. Os resultados demonstram um decréscimo das temperaturas interna corporal e da temperatura média da pele nos momentos iniciais do ensaio, sucedidos de um aumento até ao término da exposição. Foram necessários 30 minutos de repouso após a exposição para a recuperação da pressão arterial, 90 minutos para a frequência cardíaca, 40 minutos para a diminuição da temperatura interna corporal para os valores basais e 15 minutos para a recuperação da temperatura média da pele. A sensação térmica dos voluntários evoluiu da sensação de frio para a sensação de conforto ao longo do tempo de exposição. A escolha de equipamento de proteção individual com o isolamento térmico adequado, bem como a proteção das extremidades é fundamental de forma a garantir a segurança e o conforto dos indivíduos expostos. Deverão ser conduzidos mais estudos com a utilização de amostras maiores e com maior diversidade de fatores individuais.

Palavras-chave: Exposição ao frio extremo, Temperatura interna corporal, Temperatura média da pele, Pressão arterial, Termorregulação.

ABSTRACT

Exposure to extreme cold triggers in humans various of physiological responses, which is necessary to control is necessary when it comes to occupational exposure. The objective of the present study was to analyze the evolution of core temperature, mean skin temperature and blood pressure as well as the thermal sensation of the volunteers during exposure to extreme cold (-20 °C), with the usual protection for this type of exposure. From a total of 9 healthy individuals using a climatic chamber, intra-abdominal temperature and skin temperature were measured during and after the exposure period and blood pressure and heart rate were measured after exposure during the rest period. A thermal sensation questionnaire was also used. The results demonstrate a decrease in core temperature and mean skin temperature at the initial moments of the test, from an increase to the end of exposure. It took 30 minutes of rest after exposure for recovery the baseline of blood pressure, 90 minutes for heart rate, 40 minutes for core temperature and 15 minutes rest for mean skin temperature. The heat sensation of the volunteers evolved towards comfort over the exposure time. The choice of individual protective equipment with the appropriate thermal insulation as well as the protection of the extremities is fundamental in order to guarantee the safety and the comfort of the exposed individuals. Further studies should be conducted using larger samples with a greater diversity of individual factors.

Keywords: Extreme cold exposure, Core temperature, Mean skin temperature, Blood pressure, Thermoregulation.

ÍNDICE

1	Introdução	3
2	Fundamentação do trabalho	5
2.1	Exposição ocupacional ao frio extremo	5
2.2	Efeitos imediatos da exposição ao frio extremo	5
2.3	Suscetibilidade individual a patologias relacionadas com a exposição ao frio extremo ..	6
2.4	Recomendações para o trabalho no frio extremo	6
2.4.1	Tempo de trabalho e tempo de recuperação	7
2.4.2	Limites fisiológicos de exposição ao frio extremo	8
2.4.3	Medição da temperatura interna corporal	9
3	Revisão Sistemática	11
3.1	Pesquisa de dados e resultados da pesquisa	11
3.2	Discussão de resultados	13
3.2.1	Temperatura interna corporal	13
3.2.2	Temperatura média da pele	14
3.2.3	Pressão arterial e frequência cardíaca	15
4	Objetivos da Dissertação	17
5	Materiais e Métodos	19
5.1	Metodologia	19
5.2	Materiais e equipamentos	19
5.3	Amostra	20
5.4	Protocolo experimental	21
5.5	Tratamento de dados	23
6	Resultados	27
6.1	Voluntário 1	27
6.1.1	Pressão arterial e frequência cardíaca	27
6.1.2	Temperatura interna corporal e temperatura da pele	27
6.1.3	Questionário de sensação térmica	29
6.2	Voluntário 2	30
6.2.1	Pressão arterial e frequência cardíaca	30

6.2.2	Temperatura interna corporal e temperatura da pele	30
6.2.3	Questionário de sensação térmica	32
6.3	Voluntário 3.....	32
6.3.1	Pressão arterial e frequência cardíaca	32
6.3.2	Temperatura interna corporal e temperatura da pele	33
6.3.3	Questionário de sensação térmica	34
6.4	Voluntário 4.....	35
6.4.1	Pressão arterial e frequência cardíaca	35
6.4.2	Temperatura interna corporal e temperatura da pele	35
6.4.3	Questionário de sensação térmica	37
6.5	Voluntário 5.....	38
6.5.1	Pressão arterial e frequência cardíaca	38
6.5.2	Temperatura interna corporal e temperatura da pele	38
6.5.3	Questionário de sensação térmica	40
6.6	Voluntário 6.....	40
6.6.1	Pressão arterial e frequência cardíaca	40
6.6.2	Temperatura interna corporal e frequência cardíaca.....	41
6.6.3	Questionário de sensação térmica	43
6.7	Voluntário 7.....	43
6.7.1	Pressão arterial e frequência cardíaca	43
6.7.2	Temperatura interna corporal e temperatura da pele	44
6.7.3	Questionário de sensação térmica	45
6.8	Voluntário 8.....	46
6.8.1	Pressão arterial e frequência cardíaca	46
6.8.2	Temperatura interna corporal.....	47
6.8.3	Questionário de sensação térmica	47
6.9	Voluntário 9.....	48
6.9.1	Pressão arterial e frequência cardíaca	48
6.9.2	Temperatura interna corporal e pressão arterial.....	48
6.9.3	Questionário de sensação térmica	49
7	Discussão.....	51

7.1	Pressão arterial e frequência cardíaca.....	51
7.2	Temperatura interna corporal	52
7.3	Temperatura média da pele.....	53
7.4	Questionário de sensação térmica.....	55
8	Limitações, conclusões e perspectivas futuras	57
8.1	Limitações	57
8.2	Conclusões.....	57
8.3	Perspetivas Futuras	57
9	Bibliografia.....	59
Anexos.....		1
	Anexo I - Características dos estudos seleccionados na Revisão Sistemática.....	1
	Anexo II - Cálculo do índice de isolamento requerido	9
	Anexo III - Artigo Científico	11

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Fluxograma de seleção dos artigos	12
Figura 2 Pontos de medição da temperatura da pele segundo a ISO 9886:2004	20
Figura 3 Evolução da TIC, TMP e Temperatura das Extremidades do voluntário 1	28
Figura 4 Evolução da TIC, TMP, PAS, PAD e FC do voluntário 1	29
Figura 5 Evolução da TIC, TMP e Temperatura das Extremidades do voluntário 2	31
Figura 6 Evolução da TIC, TMP, PAS, PAD e FC do voluntário 2	31
Figura 7 Evolução da TIC, TMP e Temperatura das Extremidades do voluntário 3	33
Figura 8 Evolução da TIC, TMP, PAS, PAD e FC do voluntário 3	34
Figura 9 Evolução da TIC, TMP e Temperatura das Extremidades do voluntário 4	36
Figura 10 Evolução da TIC, TMP, PAS, PAD e FC do voluntário 4	36
Figura 11 Evolução da TIC, TMP e Temperatura das Extremidades do voluntário 5	39
Figura 12 Evolução da TIC, TMP, PAS, PAD e FC do voluntário 5	39
Figura 13 Evolução da TIC, TMP e Temperatura das Extremidades do voluntário 6	42
Figura 14 Evolução da TIC, TMP, PAS, PAD e FC do voluntário 6	42
Figura 15 Evolução da TIC, TMP e Temperatura das Extremidades do voluntário 7	44
Figura 16 Evolução da TIC, TMP, PAS, PAD e FC do voluntário 7	45
Figura 17 Evolução da TIC, PA DYS, SYS e FC do voluntário 8	47
Figura 18 Evolução da TIC, PA DYS, SYS e FC do voluntário 9	49

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 1 Tempos de exposição e de recuperação segundo a NR29	7
Tabela 2 Tempos de exposição e de recuperação segundo a DIN 33403-5, 1997	7
Tabela 3 Tempos de exposição e recuperação recomendados por CCOHS e NZOHS	8
Tabela 4 Comparação entre orientações da WMS e a escala Suíça de Estados de Hipotermia	9
Tabela 5 Relevância e dificuldade na interpretação dos métodos de medição	10
Tabela 6 Tipologia das bases de dados e revistas consultadas	11
Tabela 7 Dados individuais e do estilo de vida dos voluntários	20
Tabela 8 Pressão arterial e frequência cardíaca do voluntário 1	27
Tabela 9 Respostas ao questionário de sensação térmica do voluntário 1	29
Tabela 10. Pressão arterial e frequência cardíaca do voluntário 2	30
Tabela 11 Respostas ao questionário de sensação térmica do voluntário 2	32
Tabela 12 Pressão arterial e frequência cardíaca do voluntário 3	32
Tabela 13 Respostas ao questionário de sensação térmica do voluntário 3	34
Tabela 14 Pressão arterial e frequência cardíaca do voluntário 4	35
Tabela 15 Respostas ao questionário de sensação térmica do voluntário 4	37
Tabela 16 Pressão arterial e frequência cardíaca do voluntário 5	38
Tabela 18 Pressão arterial e frequência cardíaca do voluntário 6	41
Tabela 19 Respostas ao questionário de sensação térmica do voluntário 6	43
Tabela 20 Pressão arterial e frequência cardíaca do voluntário 7	44
Tabela 21 Respostas ao questionário de sensação térmica do voluntário 7	46
Tabela 22 Pressão arterial e frequência cardíaca do voluntário 8	46
Tabela 23 Respostas ao questionário de sensação térmica do voluntário 8	48
Tabela 24 Pressão arterial e frequência cardíaca do voluntário 9	48
Tabela 25 Respostas ao questionário de sensação térmica do voluntário 9	49

GLOSSÁRIO/SIGLAS/ABREVIATURAS/...

CCOHS - Canadian Center for Occupational Health & Safety

EPI - Equipamento de proteção individual

FC - Frequência cardíaca

IMC - Índice de massa corporal

NZOHS - New Zealand Occupational Health and Safety

PA - Pressão arterial

PAD - Pressão arterial diastólica

PAS - Pressão arterial sistólica

QST - Questionário de sensação térmica

TIC - Temperatura interna corporal

TP - Temperatura da pele

TMP - Temperatura média da pele

WMS - Wilderness Medical Society

PARTE 1

1 INTRODUÇÃO

Ao longo dos tempos o ser humano evoluiu no sentido de reduzir a sua exposição ao frio recorrendo, para isso, aos meios ao seu dispor como roupa, fogo ou abrigo (Launay & Savourey, 2009). A exposição ao frio poderá ocorrer em atividades do dia a dia, em atividades de lazer ou em atividades ocupacionais através da exposição a ar frio, da imersão em água fria ou do contacto com objetos ou superfícies frias (Mäkinen, 2007). O decréscimo da performance física e mental, o aumento da morbilidade, do absentismo e, consequentemente, do prejuízo económico para trabalhadores e empregadores são, do ponto de vista macroscópico, as consequências diretas da exposição a este tipo de ambientes (Mitu & Leon, 2011).

Na indústria alimentar é frequente a utilização de sistemas de refrigeração e congelação com o intuito de conservar alimentos. De acordo com a tendência verificada nos últimos anos, é razoável prever-se um aumento significativo do consumo de bens alimentares que sofram este tipo de processo e, naturalmente, da expansão da indústria de congelados (Baldus et al., 2012). Os trabalhadores cuja a atividade profissional se encontra ligada a este tipo de indústria estão repetidamente expostos a temperaturas muito baixas e, como tal, a riscos que podem concretizar-se em danos sérios na sua saúde (Kim et al., 2007).

As diretrizes e recomendações existentes para a atividade não são específicas ou mesmo coerentes entre si quanto às tarefas, tempos de exposição e de repouso (Zlatar et al., 2017). A investigação levada a cabo nesta área revela-se cara e está, por isso, ao alcance de poucos. Tornam-se assim relevantes os estudos que analisam o nível de exposição ao frio extremo em espaços fechados e as suas consequências na saúde humana, estabelecendo limites fisiológicos para a exposição e procedimentos organizacionais (tempos máximos de exposição, tempos de pausa, tipos de tarefas, entre outros) que garantam a segurança dos trabalhadores.

Com o objetivo de fornecer conhecimento científico para o trabalho a temperaturas negativas extremas, realizaram-se ensaios laboratoriais simulando, com recurso a uma câmara climática e a equipamento de proteção individual adequado, o trabalho em ambiente de frio extremo (-20 °C). Pretende-se analisar a evolução da temperatura interna corporal (TIC), da temperatura da pele, da frequência cardíaca (FC) e pressão arterial (PA) num grupo de 9 indivíduos saudáveis, nomeadamente a sua variação antes, durante e após a exposição ao frio extremo e a ainda analisar a evolução da sensação térmica dos voluntários.

2 FUNDAMENTAÇÃO DO TRABALHO

2.1 Exposição ocupacional ao frio extremo

Atualmente, existem atividades profissionais diversas que implicam a exposição a temperaturas baixas, tanto ao ar livre como em ambientes fechados. Quando em ambientes ao ar livre (como acontece na construção, na agricultura ou na pesca), o estudo da exposição ao frio assume especial preponderância em zonas de alta latitude, caracterizadas por invernos mais longos e severos (Mäkinen, 2007). Ao contrário do que acontece no tipo de exposição em ambientes exteriores, a gestão dos riscos ocupacionais nos ambientes fechados é facilitada pelas condições previsíveis e constantes características da exposição ao frio (Zlatař et al., 2017). Esta poderá ocorrer de diversas formas, tais como tarefas que envolvem a imersão de membros em água a baixa temperatura ou o contacto com objetos frios sendo, no entanto, mais comum em indústrias alimentares onde existe a necessidade de conduzir atividades para conservar os alimentos a temperaturas baixas (entre 0°C e 10°C para a refrigeração e -20 °C ou menos para a congelação) (Mäkinen & Hassi, 2009).

2.2 Efeitos imediatos da exposição ao frio extremo

Os efeitos imediatos da exposição ao frio extremo traduzem-se no aumento da Pressão Arterial sanguínea Sistólica (PAS) e Diastólica (PAD) e na estimulação do sistema nervoso simpático, responsável pela existência de vasoconstrição periférica que diminui a circulação do sangue à superfície da pele, passando esta a realizar-se essencialmente nos órgãos vitais, salvaguardando o seu funcionamento (Li et al., 2009 ; Komulainen et al., 2004). Para além disso, tanto a temperatura interna corporal como a temperatura da pele diminuem, registando-se também um decréscimo na performance muscular, da destreza de movimentos e um aumento na fadiga (Zlatař et al., 2015). Do ponto de vista cognitivo, a investigação levada a cabo por Mäkinen et al. (2006) sobre o efeito da exposição repetida ao frio (10 °C) no desempenho cognitivo concluiu que condições ambientais semelhantes favorecem situações de distração e, conseqüentemente, a ocorrência de acidentes. A exposição continuada poderá resultar em lesões corporais e patologias tais como a hipotermia, úlceras por frio, pé-de-imersão (também designado por pé de trincheira), frieiras e doença de Raynaud (Sutton, 2015). Para além destas, é relatada em alguns estudos a influência do frio na prevalência e agravamento de lesões músculoesqueléticas em indivíduos expostos ocupacionalmente a temperaturas negativas e que possuem tarefas altamente repetitivas, frequentes na indústria alimentar (Mäkinen & Hassi, 2009).

2.3 Suscetibilidade individual a patologias relacionadas com a exposição ao frio extremo

As características individuais poderão aumentar a suscetibilidade ao desenvolvimento de patologias relacionadas com o frio, assumindo um papel relevante os seguintes fatores: a idade (infância e idade avançada); a subnutrição; a condição física; o consumo de drogas (álcool, sedativos, analgésicos); o sistema endócrino (hipoglicemia, hipotireoidismo, insuficiência suprarrenal e diabetes); o sistema cardiovascular (doença vascular periférica e uso de nicotina); o sistema neurológico (neuropatia periférica, lesão na medula espinal, distúrbios hipotalâmicos); traumas (lesões ou fraturas que causem imobilidade) e infecções (diaforese e disfunção hipotalâmica) (Biem et al., 2003).

Indivíduos asmáticos revelam-se também mais vulneráveis ao ambiente frio. Os resultados do estudo levado a cabo por Hyrkäs et al. (2016) revelam que o ambiente frio agrava os sintomas de asma em indivíduos que possuem a doença pouco controlada. Em indivíduos fumadores, a relação entre o ambiente frio e os mesmos sintomas é mais acentuada do que em indivíduos que nunca fumaram sugerindo, desse modo, uma relação entre o ambiente frio e o fumo no controlo dos sintomas de doenças respiratórias.

A adaptação às temperaturas negativas poderá também variar de indivíduo para indivíduo conforme relatado no estudo de Launay & Savourey (2009) sobre a adaptação ao frio e onde se referem que os vários tipos de adaptação variam consoante a intensidade da exposição e fatores individuais tais como a gordura corporal, a frequência de exercício físico e a dieta.

2.4 Recomendações para o trabalho no frio extremo

A Organização Internacional de Normalização (ISO 15743:2008) fornece recomendações sobre a avaliação de risco e saúde em ambiente frio (ao ar livre e em ambientes fechados) e medidas preventivas organizacionais para o trabalho no frio:

- Na fase de planeamento do projeto: programar o trabalho para a estação mais quente (para trabalho ao ar livre). verificar se o trabalho pode ser realizado em ambientes resguardados (para trabalho ao ar livre); usar roupas de proteção contra o frio para prolongar o tempo de exposição; disponibilizar um espaço aquecido para recuperação; Proporcionar períodos de adaptação; verificar o conhecimento e competência do pessoal para a realização do trabalho nestas condições.
- Antes de cada turno de trabalho: verificar as condições climáticas antes do início dos trabalhos; agendar regimes adequados de trabalho e repouso; estudar o controlo individual da intensidade das tarefas e do vestuário a utilizar; organizar um sistema de comunicação para tarefas ao ar livre.
- Durante o trabalho: proporcionar períodos de descanso em local aquecido; efetuar intervalos frequentes durante a exposição ao frio para ingestão de bebidas e alimentos quentes; substituir componentes de vestuários (meias, luvas...); fornecer roupas extras

para suportar o frio; monitorizar as reações subjetivas de exposição; proporcionar tempos de recuperação suficientes após exposições severas.

No entanto, as indicações fornecidas pela ISO 15743:2008 são gerais e baseiam-se apenas em boas práticas, pretendendo-se que os profissionais de segurança e saúde no trabalho ou profissionais pertencentes a quadros superiores as implementem.

A Norma Regulamentadora NR 29 (Freitas, 2016) aborda os tempos limite de exposição ao frio.

Existem ainda algumas diretrizes oriundas de entidades nacionais vocacionadas para a segurança e saúde ocupacionais, como é o caso do *Canadian Center for Occupational Health & Safety* (CCOHS); do *New Zealand Occupational Health and Safety* (NZOHS), 1997; *Croatian Institute for Health Protection and Safety at Work*, 2016; *Work Safe Victoria* 2008; *Safe Work Australia* 2011 e *WorkCover NSW* 2001 que permitem realizar avaliações de trabalho / tarefa, criar planos de trabalho seguros e monitorizar condições para proteger a saúde e segurança de trabalhadores expostos a temperaturas frias (Zlatar et al., 2017).

2.4.1 Tempo de trabalho e tempo de recuperação

As recomendações na Norma Regulamentadora Brasileira NR 29 (Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho 2003) para os tempos de trabalho e descanso no frio está descrita na tabela 1.

Tabela 1 Tempos de exposição e de recuperação segundo a NR29

Temperatura do ar (°C)	Exposição máxima diária		
	Exposição diária total	Tempo interrompido máximo	Tempo de pausa/recuperação
+15 a -17,9	400min (6h40min)	4 x 100 min (1h40min)	20 min
-18 a -33,9	240 min (4h)	4 x 60 min (1h)	60 min
-34 a -56,9	60 min (1h)	2 x 30 min (0,5h)	240 min (4 h)
-57 a -73	5 min	1 x 5 min	Resto do dia
Abaixo dos -73	Não permitido	-	-

A Organização Mundial das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO) fornece recomendações para os operadores que trabalha em arcas frigoríficas (abaixo de -20 °C), onde o período de trabalho de 50 minutos deve ser seguido por um período de repouso de 10 minutos (Johnston et al., 1994).

O Instituto Alemão de Normalização (DIN) fornece recomendações para o trabalho e períodos de descanso (DIN 33403-5, 1997) conforme ilustrado na tabela 2.

Tabela 2 Tempos de exposição e de recuperação segundo a DIN 33403-5, 1997

T do ar (°C)	Tempo interrompido máximo (min)	Tempo de recuperação
-5 a -18	90	20% do tempo exposto
-18 a -30	90	30% do tempo exposto
Abaixo de -30	60	100% do tempo exposto

O CCOHS e o NZOHS fornecem recomendações para períodos de trabalho/repouso baseados no documento publicado pela Conferência Americana de Higienistas Industriais Governamentais

(American Conference of Governmental Industrial Hygienists, 2012) que cede recomendações para trabalhar a temperaturas abaixo de -26 °C, ilustradas na tabela 3.

Tabela 3 Tempos de exposição e recuperação recomendados por CCOHS e NZOHS

Temperatura do ar (°C) Céu limpo	Sem vento		Vento a 8km/h		Vento a 16km/h		Vento a 24km/h		Vento a 32km/h	
	Período max. de trabalho (min)	Nº de pausas	Período max. de trabalho (min)	Nº de pausas	Período max. de trabalho (min)	Nº de pausas	Período max. de trabalho (min)	Nº de pausas	Período max. de trabalho (min)	Nº de pausas
-26 a -28	Normal	1	Normal	1	75	2	55	3	40	4
-29 a -31	Normal	1	75	2	55	3	40	4	30	5
-32 a -34	75	2	55	3	40	4	30	5	Apenas trabalho urgente	
-35 a -37	55	3	40	4	30	5	Apenas trabalho urgente			
-38 a -39	40	4	30	5	Apenas trabalho urgente					
-40 a -42	30	5	Apenas trabalho urgente							
-43 e abaixo	Encerrar trabalhos não urgentes									

2.4.2 Limites fisiológicos de exposição ao frio extremo

A Organização Internacional de Normalização (ISO) estabelece, na ISO 9886:2004, o limite mínimo de 36 °C para a temperatura interna do trabalhador quando esta é monitorizada de forma intermitente e quando a exposição será repetida no mesmo dia. Em circunstâncias excepcionais, a ISO permite que temperaturas mais baixas sejam toleradas por períodos curtos:

- Se os sujeitos forem submetidos a exames médicos;
- Se as temperaturas locais da pele forem controladas simultaneamente e os limites relevantes respeitados (apenas diz respeito ao limiar da dor);
- Se a temperatura da pele (em particular as extremidades com os dedos dos pés, dedos das mãos e face) for, no mínimo, de 15°C;
- Se o trabalhador tiver autorização para abandonar o trabalho se assim o entender.

Enquanto alguns países fornecem regulamentos e recomendações precisas sobre os períodos de trabalho/descanso em locais de trabalho frios com diferentes faixas de temperatura do ar, a Organização Internacional de Normalização sugere recomendações sobre a temperatura interna e da pele em ambientes frios (internos e externos) e estratégias de avaliação de riscos para a saúde bem como respetivas medidas preventivas organizacionais.

Ambas as abordagens parecem ter vantagens e desvantagens. Os regulamentos e recomendações de países com períodos de trabalho/descanso oferecem uma abordagem fácil de implementar, mas não consideram o tipo de trabalho/esforço físico do trabalhador, portanto, em alguns casos, pode resultar num período de recuperação muito curto ou longo. As recomendações ISO 9886: 2004 que sugerem temperaturas mínimas interna e da pele constituem uma abordagem de difícil implementação, exigem equipamentos complexos, procedimentos e conhecimentos para analisar e interpretar resultados, mas dá a possibilidade de adaptar o tempo de exposição de acordo com a atividade de trabalho e características individuais dos trabalhadores.

Na tabela 4 está presente a comparação entre as linhas orientadoras da Wilderness Medical Society (WMS) e a Escala Suíça de Estados de Hipotermia, com manifestações clínicas e recomendações (Hofmeyr, 2017).

Tabela 4 Comparação entre orientações da WMS e a escala Suíça de Estados de Hipotermia

Temperatura Interna	Manifestações clínicas	Wilderness Medical Society	Escala Suiça de hipotermia	Recomendações
>36 °C	Normal	Normal	Normal	Reduzir a perda de calor através de vestuário ou abrigo: aumentar a produção de calor através de exercício ou comida/bebida
>35 °C	Sensação de frio	Stress térmico	Stress térmico	
35 °C	Início dos tremores	Hipotermia ligeira (32-35 °C)	Hipotermia I: Consciente com tremores	Prevenir novas perdas; medir a temperatura interna; aumentar o aquecimento passivo através da reposição de calorias; aquecer-se ativamente
34 °C	Perda de coordenação precisa			
33 °C	Alterações comportamentais, disartria			
32 °C	Letargia			
31°C	Ataxia e perturbações na consciência	Hipotermia moderada (28-32 °C)	Hipotermia II: Consciência perturbada com tremores	Como acima, acrescentando o aquecimento ativo em todos os casos: usar objetos quentes, ingerir fluidos quentes e ventilação forçada quente; acesso intravenoso e intraósseo, proteção contra trauma após queda e choques.
30°C				
29 °C				
28 °C	Diminuição do limiar da fibrilação			
27 °C	Perda de consciência	Hipotermia severa (<28 °C)	Hipotermia III: Perda de consciência	Como acima,acrescendo a proteção das vias aéreas; oxigénio suplementar, ventilação, medição da temperatura esofágica; reanimação se não existirem sinais vitais, aquecimento de forma invasiva e agressiva; terminar se o soro de potássio >12 mmol/L ou as lesões forem incompatíveis com a vida
26 °C				
25 °C			Perda de reflexos e da sensação de dor	
24 °C				
<24 °C	Hipotensão e bradicardia	Hipotermia Profunda (<24 °C ou <20 °C)	Hipotermia V: Morte	
<13 °C	Sinais vitais indetetáveis; assistolia abaixo dos 18 °C			

2.4.3 Medição da temperatura interna corporal

A Temperatura Interna Corporal (TIC) revela-se um parâmetro importante a ser monitorizado, permitindo manter a segurança dos indivíduos expostos ao frio. Segundo a ISO 9886:2004, é possível medir a temperatura interna recorrendo a 7 indicadores: à temperatura esofágica, à retal, à intra-abdominal, à oral, à timpânica, à do canal auditivo e à da urina. No entanto, o mesmo documento realça que existem limitações em alguns métodos, nomeadamente na obtenção da temperatura interna através da temperatura retal ou do tímpano, considerando-os métodos desaconselhados para a recolha de temperatura interna corporal em ambientes frios, como se pode verificar na tabela 5. Por outro lado, considera a temperatura intra-abdominal independente do ambiente e, por isso, válida para a obtenção da TIC, exceto nos casos em que o abdómen esteja a receber calor forte e localizado.

Tabela 5 Relevância e dificuldade na interpretação dos métodos de medição

	Relevância			Interpretação
	Temperaturas Frias	Temperaturas Moderadas	Temperaturas Quentes	
Temperatura média do corpo	+	+	+	Requer cuidados acrescidos com o equipamento
Esofágica	+	-	+	1
Retal	-	+	+	0
Intra-abdominal	+	-	+	1
Timpânica (por transdutor)	-	+	+	1
Timpânica (por aparelho de infravermelhos)	-	+	+	1
Canal auditivo	-	+	+	1
Urina	-	+	+	0
Frequência Cardíaca	-	-	+	2
T média da pele	+	+	+	2
Perda de suor	-	+	+	1

+ relevante; - não relevante

0 interpretação direta; 1 interpretação requer conhecimento médio; 2 interpretação requer conhecimento avançado

O estudo levado a cabo por Bagley et al. (2011) sobre a validação de dispositivos para medição da TIC durante a exposição ao frio conclui que as temperaturas timpânica, oral, axilar e da pele da testa (por si só) são inválidas para a recolha da TIC. Alterações no fluxo sanguíneo da pele (vasoconstrição), a transpiração e a variação da temperatura no canal auditivo (no caso da temperatura timpânica) e a inalação de ar frio (no caso da temperatura oral) poderão ter tido influência na medição da TIC segundo estes dois métodos. Os resultados dos restantes métodos também não respeitaram o desvio médio aceite, o que se poderá traduzir numa informação errada e em consequências para a saúde dos trabalhadores. O autor considerou válido o método de obtenção da TIC através da medição da temperatura intra-abdominal quando existe a exposição do indivíduo em ambientes frios.

3 REVISÃO SISTEMÁTICA

3.1 Pesquisa de dados e resultados da pesquisa

Com o objetivo de fazer o levantamento da informação existente relacionada com influência do frio extremo nos parâmetros fisiológicos e sobre as diretrizes existentes sobre os tempos de exposição e repouso aconselhados, realizou-se uma revisão sistemática. A metodologia da revisão seguiu as diretrizes da PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses) (Liberati et al., 2009), sendo as referências do mesmo geradas através do Mendeley (versão 1.17.13).

O processo de pesquisa de artigos relacionados com a exposição a frio severo realizou-se em bases de dados e revistas científicas. No total, 8 bancos de dados de 3 áreas disciplinares distintas foram consultados como é descrito na tabela 6.

Tabela 6 Tipologia das bases de dados e revistas consultadas

	Bases de dados	Critério	Revistas científicas	Critério
Multidisciplinares	SCOUPUS	Título/Resumo/Palavras-chave		
	Web of Science	Título	Wiley Online Library	Resumo
Saúde	PUBMED	Título/Resumo	BioMed	Não especificado
	MEDLINE	Resumo		
Engenharia	Science Direct	Título/Resumo/Palavras-Chave	Taylor and Francis	Título

As palavras-chave foram definidas em língua inglesa, para abranger um maior número de resultados válidos, sendo combinadas e articuladas na pesquisa do seguinte modo: “Core temperature” e “Cold exposure”; “Core temperature” e “Cold Temperature”; “Cold Exposure” e “Body Temperature”; “Cold exposure” e “Temperature response”; “Cold Temperature” e “Skin Temperature”; “Cold Exposure” e “Smoking”; “Cold Temperature” e “Smokers”; “Cold Exposure” e “Cigarette”; “Cold exposure” e “Winter clothes” e por fim “Cold Temperature” e “Exposure Time”. Excepcionalmente, a pesquisa de artigos no banco de dados da revista BioMed, foi restringida as seguintes combinações de palavras-chave: “Core temperature” e “Cold exposure”; “Core Temperature” e “Cold Temperature”; “Cold Temperature” e “Skin Temperature”; “Cold Exposure” e “Smoking”; uma vez que nesta revista de dados, não era possível a aplicação de filtros de pesquisa de forma prévia, sendo inviável em tempo útil fazê-lo de modo manual. Nesta etapa, foram recolhidos um total de 6676 artigos provenientes da pesquisa em bases de dados e revistas científicas, conforme a figura 1.

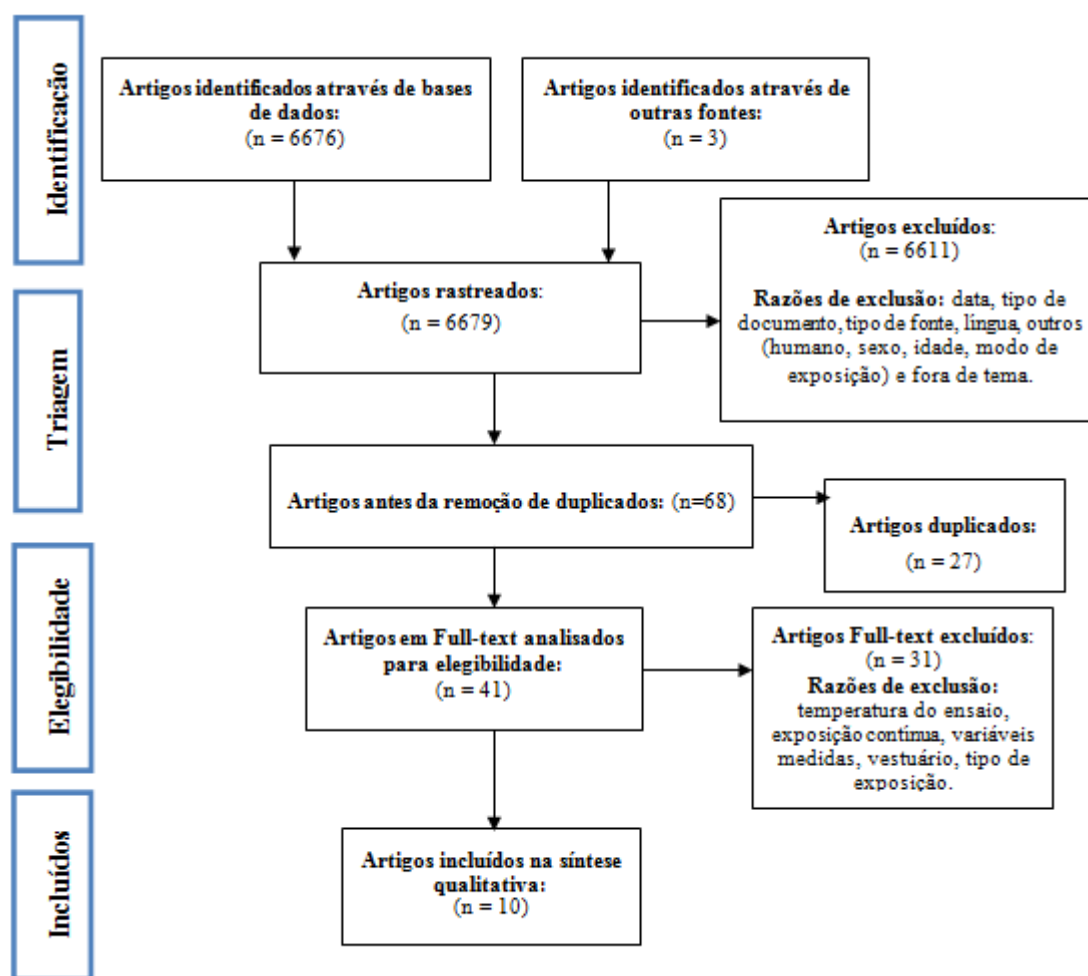


Figura 1 Fluxograma de seleção dos artigos (Liberati et al., 2009)

Do número total de artigos recolhidos numa primeira fase foram excluídos 6611 por não respeitarem os seguintes critérios:

- Datados entre o ano 2007 a 2017 (3769 artigos rejeitados);
- Tipo de documento: Artigo (262 artigos rejeitados);
- Tipo de fonte: Jornal (65 rejeitados);
- Redigidos em língua inglesa (49 rejeitados);

Adicionalmente, 1012 artigos foram rejeitados, por não respeitarem critérios suplementares, como: o alvo do estudo ser em Humanos, do sexo masculino, com a idade compreendida entre 19 a 44 anos, não usarem terapias do frio ou qualquer outro tipo de exposição que não seja o contacto com o ar frio.

Dos 65 artigos seleccionados, após a aplicação dos critérios de exclusão, 25 deles eram repetidos, sendo excluídos previamente desta fase. De igual modo, 2 artigos foram excluídos por relatarem o mesmo protocolo e resultados.

Assim, 41 (38 aos quais se adicionaram 3, provenientes de outras fontes) artigos foram considerados válidos para a aplicação dos critérios que se seguem:

- Temperatura do ar $\leq -5^{\circ}\text{C}$ (11 artigos rejeitados)

- Temperatura constante ao longo do ensaio (4 artigos rejeitados)
- Medição da TIC e/ou da TMP (9 artigos rejeitados)
- Considerando a utilização de roupas do frio (0 artigos rejeitados)
- Exposição ao frio do corpo inteiro (1 artigo rejeitado)

Por não respeitarem os critérios anteriores, dos 13 artigos que restaram, 6 artigos foram excluídos por não cumprirem os critérios antes mencionados (Revisão: 2; Mulheres:1; Fora do tema:3).

A adição dos 3 artigos suplementares resultou de uma revisão sistemática, inserida no programa doutoral de Segurança e Saúde Ocupacionais da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto efetuada entre o período de 2015 a 2017 por Tomi Zlatar sobre o tema “Influence of Severe Cold Thermal Environment on Core and Skin Temperatures” (Zlatar, 2017). Ressalva-se que os artigos incluídos de Wiggen et al. (2011), Kim et al. (2007) e Daanen (2009) respeitam integralmente os critérios anteriormente descritos.

Após a aplicação dos critérios de inclusão, selecionaram-se 7 artigos: Li et al. (2009); Flouris et al. (2008); Kluth et al. (2011); Strapazzon et al. (2015); Lundgren et al. (2014); Renberg et al. (2015) e Gao et al. (2015). No Anexo I está presente a análise destes artigos no que toca às características da amostra, aos materiais utilizados, às variações da TIC, TMP, PA e FC, e tempos de recuperação.

3.2 Discussão de resultados

3.2.1 Temperatura interna corporal

A TIC foi observada em 8 estudos selecionados, sendo que a sua variação na exposição ao frio foi medida em 5 artigos (Kluth et al., 2013; Wiggen et al., 2011; Kim et al., 2007; Daanen, 2009; Renberg et al., 2015), registando-se sempre um decréscimo desta quando comparada com a temperatura de conforto). A medição da temperatura retal foi o método mais usado para obtenção dos valores da TIC, execução feita aos estudos de Kluth et al. (2013) e Renberg et al. (2015), onde a medição da temperatura do tímpano foi considerada, registando-se maiores variações dos valores.

Apenas num estudo a TIC decresceu para valores inferiores aos 36 °C (Kluth et al., 2013), atendendo que a monitorização da mesma foi obtida pelo tímpano, o resultado pode ser eventualmente justificado pelo facto de existirem diferenças individuais na anatomia vascular da orelha, na condutividade térmica e perfusão dos tecidos que podem influenciar um registo fiável da TIC (Strapazzon et al., 2015).

Verificou-se que a diminuição da TIC foi menos acentuada quando os protocolos exigiam um maior esforço físico ou dinamismo. Em oposição ao que seria expectável em conforto térmico, a

noradrenalina desceu mediante o aumento da intensidade da atividade, acarretando a produção de calor, diminuindo o choque da exposição ao frio extremo (Kim et al., 2007).

A idade apresentou-se como um fenómeno relevante na variação da TIC na exposição ao frio extremo, sendo mais acentuada nos trabalhadores mais velhos (Kluth et al., 2013).

A maior velocidade do ar amplia o decréscimo da TIC que teve um comportamento inverso quando o valor da *WCET* (temperatura equivalente à temperatura do vento) foi menor (Daanen, 2009; Wiggen et al., 2011).

No ensaio de Kluth et al. (2013), o tempo de recuperação de 20 minutos após a exposição ao frio extremo foi insuficiente para que a temperatura interna de todos os participantes atingisse os valores iniciais.

3.2.2 Temperatura média da pele

A diminuição da temperatura média da pele registou-se nos 8 estudos em que a variável foi medida (Li et al. (2009); Kluth et al. (2013); Wiggen et al. (2011); Lundgren et al. (2014); Kim et al. (2007); Daanen (2009); Gao et al (2015) e Renberg et al. (2015)), sendo o decréscimo amplamente acentuado quando a velocidade do ar aumentou (Daanen, 2009).

A destreza manual em frio extremo também foi estudada, sendo reduzida após 50 minutos de exposição a -5 °C e após 100 minutos de exposição a -15 °C. Estes resultados mostram que mesmo as exposições de duração relativamente curta podem reduzir a capacidade de realizar tarefas de destreza com as mãos (Wiggen et al., 2011). De acordo com a equação de Daanen (2009), a destreza dos dedos é reduzida em 8,9% a -15 °C após 25 minutos de exposição, sendo gravemente prejudicada quando a temperatura média dos dedos atinge os 14 °C, embora a 20 °C os efeitos já se comecem a sentir (Wiggen et al., 2011). No entanto, dois dos artigos incluídos concluíram que as tarefas de destreza manual não estavam correlacionadas com as temperaturas médias do corpo (Kim et al., 2007 e Daanen, 2009).

As temperaturas das extremidades são relevantes e possuem impacto na capacidade de trabalho. A uma temperatura ambiente de -25 °C por um período de 108 minutos de exposição registou-se uma alta taxa de abandono devido à dor nos dedos causada pela redução da temperatura dos mesmos para 8 °C (Wiggen et al., 2011). No estudo de Lundgren et al., (2014) em 60 minutos contínuos de exposição a -20 °C nunca a temperatura dos dedos das mãos baixou para valores similares. No estudo de Wiggen et al. (2011), os cinco indivíduos que resistiram a todo o protocolo apresentavam características de maior compleição física sendo que, para além dos fatores relacionados com o tipo de equipamento de proteção e a intensidade do exercício, a variabilidade individual não pode ser descurada. Todavia, a tendência do decréscimo da temperatura dos dedos na exposição ao frio extremo é transversal a todos os estudos, sendo mais acentuada quanto menor for a temperatura de exposição. No estudo de Gao et al. (2015) numa exposição a -34 °C, a temperatura do dedo mindinho da mão foi mais baixa 15 °C quando comparada com uma exposição a 3.4 °C com uso de luvas. Quando comparadas duas temperaturas de exposição, de -15 °C e -5 °C, durante um ensaio de 2 horas, verificou-se uma

diferença de 2,7 °C na temperatura média da pele e de 15 °C na temperatura do dedo entre os dois tipos de exposição (Renberg et al., 2015). As diferenças foram ainda mais acentuadas no estudo de Kim et al. (2007) onde a temperatura caiu de 27 °C para 14 °C.

A produção de força dinâmica é dependente da temperatura. Mesmo uma temperatura muscular ligeiramente inferior pode influenciar a contração dos músculos antagonistas, não sendo conclusivo se esta é maior ou menor com temperatura mais alta ou mais baixa (Wiggen et al., 2011). Estas considerações são suportadas pelo estudo de Kim et al. (2007), estabelecendo-se uma relação entre a temperatura média da pele e a capacidade de elevar cargas.

As pausas regulares em locais com temperaturas quentes (conforto térmico) e por períodos alargados foram consideradas necessárias para uma otimização do trabalho e para a saúde dos trabalhadores expostos a baixas temperaturas (Kim et al., 2007; Weder et al., 2014). No estudo de Weder et al. (2014), um período de pausa de 20 minutos, a aproximadamente +20 °C, não foi suficiente para garantir uma recuperação completa da temperatura da pele para todos os indivíduos expostos a -24 °C por 80 minutos. Nariz, pés e mãos foram considerados nos estudos selecionados como os locais onde a temperatura da pele mais decresceu (Kluth et al., 2011; Kim et al., 2007; Gao et al., 2015).

3.2.3 Pressão arterial e frequência cardíaca

A frequência cardíaca e a pressão arterial foram abordadas em 2 estudos (Li et al. (2009); Kluth et al. (2013)), tendo sido observados comportamentos diferentes no que diz respeito à primeira.

No estudo de Li et al. (2009), verificou-se uma redução da frequência cardíaca na exposição ao frio, com um decréscimo de 1 ± 4 bpm (variação de -7,5 a 8,9) face aos valores de controlo ($66,4 \pm 9,6$ bpm). Ao passo que no estudo de Kluth et al. (2011) registou-se um aumento da frequência cardíaca em relação aos valores base. Esta tendência pode ser justificada por uma exigência física mais elevada do protocolo, onde os participantes ordenaram em estantes e paletes mercadorias a uma cadência considerável. Os aumentos foram mais significativos nos indivíduos mais jovens, sendo estes mais dotados de uma maior capacidade cardíaca.

A exposição ao frio extremo sugere a existência de uma resposta do sistema nervoso autónomo com um aumento da atividade parassimpática e consequente aumento dos batimentos por minuto do coração que, ao longo da exposição repetida ao frio, tende a diminuir (Li et al., 2009).

Relativamente à pressão arterial registou-se, em ambos os estudos, um aumento dos valores na exposição a temperaturas frias.

A utilização de vestuário de proteção na cabeça (como chapéus ou gorros) foi uma forma encontrada para reduzir a tendência de aumento da pressão arterial. O uso de chapéus também promoveu uma recuperação mais rápida da temperatura da pele e da pressão arterial (Li et al., 2009). Uma vez que os riscos de problemas cardiovasculares após a exposição ao frio aumentam com a idade, as roupas de inverno que incluem cobertura da cabeça devem ser uma prática recomendada em ambiente frio.

4 OBJETIVOS DA DISSERTAÇÃO

O presente estudo teve como principal objetivo a análise da influência da exposição ao frio extremo (-20 °C) nos parâmetros fisiológicos, simulando a exposição de trabalhadores em câmaras de frio com os EPIs recomendados na execução de tarefas de manipulação de carga.

Como objetivos específicos pretende-se:

- quantificar o período de retoma dos valores iniciais da PA e FC;
- analisar a evolução da TIC e quantificar o respetivo período de retoma dos valores iniciais;
- analisar a evolução da TMP e quantificar o respetivo período de retoma dos valores iniciais;
- analisar as respostas dos voluntários relacionadas com a sensação térmica durante a exposição ao frio extremo.

5 MATERIAIS E MÉTODOS

5.1 Metodologia

O ensaio experimental foi conduzido no Laboratório de Prevenção de Riscos Profissionais e Ambientais (PROA), da Faculdade de Engenharia da Universidade do Porto. O estudo foi aprovado pelo Comité de Ética com o número de aprovação: 06/CEUP/2015.

Foram realizados exames médicos para todos os participantes no Hospital São João, no Porto, com o objetivo de selecionar para o ensaio indivíduos saudáveis e não portadores de contraindicações médicas, nomeadamente doenças cardíacas, vasculares, respiratórias, gastrointestinais, intolerância ao frio, urticária fria, verificando também o histórico de doenças e medicamentos atualmente em uso.

Os sujeitos foram informados de todos os detalhes dos procedimentos experimentais, a natureza e finalidade do ensaio, bem como dos possíveis desconfortos e riscos envolvidos. Todos assinaram o consentimento escrito antes da participação no ensaio.

A duração do estudo foi de 3 horas divididas em 3 fases: antes da exposição (30 minutos sentados $\pm 18^{\circ}\text{C}$); fase de exposição (60 minutos a -20°C com atividades definidas protocolo de tarefas) e fase posterior à (90 minutos sentados a $\pm 18^{\circ}\text{C}$).

5.2 Materiais e equipamentos

A câmara climática utilizada foi a Fitoclima 25000EC20, capaz de simular a exposição a temperaturas de -20°C e humidade relativa de 30%, estando equipada com sensores de CO_2 e O_2 .

A pílula intrusiva (de dimensões de 8,7 mm de diâmetro e 23 mm de comprimento, destinada à medição da temperatura intra-abdominal) utilizada registou, por meio de sensores térmicos, a TIC. Tanto as pílulas bem como o cinto peitoral (parte integrante do equipamento) foram aprovados pelo Comité de Ética da Universidade do Porto para o projeto. Os sensores iniciaram a transmissão um minuto após a ativação feita pelo comando externo, registando dados a cada 15 segundos para o monitor EQ02 Life Monitor - Electronics Sensor Module (SEM), que transmite os dados via Bluetooth.

A temperatura da pele foi medida utilizando o equipamento BioPlux. Os 8 sensores de medição foram colocados segundo a ISO 9886:2004, como ilustrado na Figura 2.

O vestuário de proteção utilizado foram umas calças, casaco com capuz, luvas e botas. Juntamente com a roupa do voluntário, o isolamento térmico do vestuário foi 5,12 clo (calculado com base na ISO 9920:2007).

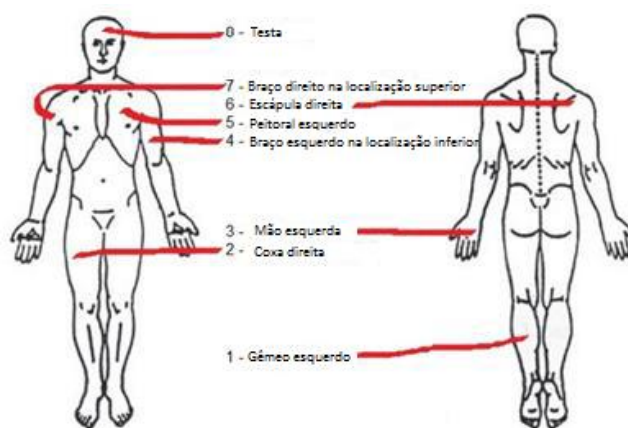


Figura 2 Pontos de medição da temperatura da pele segundo a ISO 9886:2004

A pressão arterial foi recolhida através do Tensiómetro digital de braço OMRON[®] M3 Intellisense.

Por fim, o questionário de sensação térmica (QST) utilizado foi baseado no anexo B da ISO 10551:1995.

5.3 Amostra

Os participantes foram 9 homens saudáveis com idade média de 24,67 ($\pm 3,61$) anos, altura média de 1,78 ($\pm 0,05$) metros e peso médio de 77,16 ($\pm 8,88$) kg. Outros dados individuais sobre o estilo de vida encontram-se descritos na tabela 7. A exposição ao frio realizou-se a uma temperatura de -20 °C, sem processo de aclimatização. A temperatura do ar da sala no período de recuperação foi de 18 °C, a qual todos os participantes consideraram como confortável.

Tabela 7 Dados individuais e do estilo de vida dos voluntários (n=9)

Voluntário	Idade	Altura	Peso	IMC	Frequência de prática desportiva (por semana)	Fumador			Última refeição		12 horas anteriores ao ensaio				Medicação
						Tempo (anos)	Nº cigarros (por semana)	Hora do último cigarro	Hora	Alimentos	Café	Chá	Álcool	Comida picante	
1	21	1,84	73,00	21,63	2	Não					Não	Não	Não	Não	Não
2	23	1,77	86,15	27,50	2	Não			07:30	Leite com cereais	Não	Não	Não	Não	Não
3	33	1,79	78,50	24,64	4	Não			08:20	Leite de amêndoa e pão	Não	Não	Não	Não	Não
4	23	1,78	81,90	25,85	5	Não			07:50	Ovos mexidos	Não	Não	Não	Não	Não
5	23	1,83	80,30	23,98	3	Não			-	-	Não	Não	Não	Não	Não
6	22	1,77	66,60	21,26	2	Não			-	-	Não	Não	Não	Não	Não
7	25	1,66	62,90	22,96	4	Não			-	-	Não	Não	Não	Não	Não
8	27	1,90	90,45	25,06	5	Não			-	Nada	Não	Não	Não	Não	Não
9	25	1,69	74,60	26,12	5	2	35	08:30	08:10	Pão e iogurte	Não	Não	Não	Não	Não

5.4 Protocolo experimental

Um dia antes do ensaio foi entregue aos participantes a pílula que mede a TIC e dadas as indicações de como e quando a ingerir. O equipamento foi verificado e a câmara climática foi ajustada à temperatura do ar e humidade relativa desejadas.

Na câmara climática existiam quatro pontos principais: A) a mesa em que cada sessão começou e terminou, sobre a qual foram colocadas três caixas de papel (cada uma com peso de 5 kg); uma caixa com 12 papéis amassados e dois pares de garrafas de plástico com bolas de vidro dentro de cada uma (cada par pesando 0,8 kg); B) um armário com três prateleiras em diferentes alturas (prateleira nº1 - 10 cm, prateleira nº3 - 80 e prateleira nº5 - 150 cm do chão); C) um armário com duas prateleiras em diferentes alturas (prateleira nº2 - 45 e prateleira nº4 - 115 cm); e D) parte da câmara com o protocolo experimental para lembrar os voluntários sobre as tarefas que deviam realizar.

Os voluntários foram recebidos às 09:15 e foi imediatamente verificado o funcionamento da pílula medidora da TIC. Em seguida, apenas com roupa interior vestida, a altura e o peso foram medidos, colocados os sensores de medição da temperatura da pele do equipamento Bioplux e o cinto peitoral contendo o equipamento Equivital que permitiu a medição da TIC. Posteriormente, os participantes vestiram meias, calças, e duas camisolas (a última de manga comprida). O equipamento foi ligado e a gravação iniciou pelo menos 20 minutos antes da entrada na câmara climática. Em seguida, os voluntários sentaram-se e preencheram um questionário de estilo de vida geral e foi-lhes explicado protocolo experimental com as tarefas a realizar no interior da câmara climática. Dez minutos antes da exposição, a PA foi medida por três vezes consecutivas com uma pausa entre as medições de 15 segundos, registando-se o valor médio da PAS, PAD e FC. Para além das roupas antes mencionadas, 5 minutos antes da entrada na câmara climática, os voluntários vestiram as calças e casaco de proteção do frio com capuz, botas e luvas, deixando descoberta apenas a parte dos olhos e nariz.

Dentro da camara climática os voluntários seguiram o seguinte protocolo:

- Responder ao questionário de sensação térmica
- Caminhar e aquecer as mãos durante 1 minuto
- Colocar 4 papéis em cada caixa e a seguir fecha-la
- Colocar as caixas individualmente na posição 1
- Descansar 1 minuto aquecendo as mãos
- Colocar as caixas individualmente da posição 1 para a 2 e assim sucessivamente até á posição 5 com pausas entre operações de 5 segundos (aquecendo as mãos)
- Descansar 1 minuto enquanto se aquece as mãos
- Executar o jogo das garrafas e das bolas de vidro (agitar) 10 vezes.
- Descansar 1 minuto enquanto se aquece as mãos
- Colocar as caixas individualmente da posição 5 para 4 e assim sucessivamente até á posição 1 com pausas entre as operações de 5 segundos (aquecendo as mãos)
- Descansar 1 minuto aquecendo as mãos
- Colocar as caixas da posição 1 na mesa

- Abrir as caixas e retirar os papéis individualmente das caixas para a posição inicial
- Caminhar e aquecer as mãos durante um minuto

O protocolo teve duração de 20 minutos sendo repetido 3 vezes consecutivas com exceção da última, em que o procedimento foi terminado com o questionário de sensibilidade térmica.

Após os 60 minutos de exposição os voluntários abandonaram a câmara climática, despiram a roupa de proteção contra o frio e, 5 minutos após o término do ensaio na câmara, foi medida a PA e respondido o QST, processo que também se repetiu ao minuto 20, 40 e 60 da recuperação. Durante o tempo de recuperação os voluntários não ingeriram nenhum tipo de alimento ou bebida nem se deslocaram para ir a casa de banho, tendo permanecido sentados.

No que concerne ao QST, durante a exposição ao frio, as respostas foram dadas através de cartões com uma escala de algarismos (com significado associado) e gestos simples (quando foi necessário identificar zonas do corpo ou respostas simples como "sim" ou "não"). Nos períodos de não exposição as respostas foram dadas oralmente. As 8 questões, as possíveis respostas e os respetivos algarismos associados são os que a seguir se apresentam:

1. Neste exato momento como se sente?

Muito frio	Frio	Fresco	Ligeiramente fresco	Neutro	Ligeiramente morno	Morno	Quente	Muito Quente
-4	-3	-2	-1	0	1	2	3	4

2. Como são estas condições para si?

Totalmente Desconfortável	Muito Desconfortável	Desconfortável	Ligeiramente Desconfortável	Confortável
-4	-3	-2	-1	0

3. Neste exato momento como gostaria de estar?

Muito mais frio	Mais Frio	Ligeiramente mais frio	Neutro (Sem diferença)	Ligeiramente mais quente	Mais quente	Muito mais Quente
-3	-2	-1	0	1	2	3

4. Aceitaria trabalhar nestas condições climáticas atuais?

Sim	Não
-----	-----

5. Este ambiente na sua opinião é?

Insuportável	Muito difícil de suportar	Difícil de suportar	Ligeiramente difícil de suportar	Totalmente Suportável
-4	-3	-2	-1	0

6. Sentiu algum dos sintomas abaixo mencionados durante este período?

Sonolência	Enjoo	Vômitos	Tonturas	Calafrios	Ansiedade	Cansaço	Perda de coordenação motora	Nenhum
1	2	3	4	5	6	7	8	Não

7. Sentiu dor em alguma parte do corpo? Qual?
8. Sentiu frio em alguma parte particular do corpo? Qual?

5.5 Tratamento de dados

Os dados obtidos foram processados por um algoritmo desenvolvido usando Pandas, uma biblioteca do Python 3.6 para análise de dados e estatística.

O algoritmo processou os dados dos arquivos em Excel obtidos do Equivital (efetua 4 medições por minuto) e Bioplux (número de medições por minuto variável) e usa esses dados como parâmetros de entrada. Inicialmente, ele uniformiza os valores recebidos para uma frequência de minutos (escolheu-se fazê-lo minuto a minuto, calculado a média das medições) e exporta-os para um novo arquivo Excel com o nome "Resultados".

De seguida, apresenta informações analíticas gráficas em 2 gráficos gerados em formato png: um exibe valores de TIC, TMP, temperatura da mão esquerda e temperatura da pele da testa e outro a TIC, TMP, PA e FC, exibindo ainda linhas tracejadas verticais para indicar as três fases de exposição ao frio.

PARTE 2

6 RESULTADOS

Os resultados da TIC, TP, PA, FC e QST encontram-se ilustrados em gráficos e tabelas separados para cada indivíduo. Por falhas nos equipamentos, os voluntários 8 e 9 apresentam apenas informação relativa à PA e TIC. Não foi recolhida informação durante o tempo suficiente que permita tirar conclusões acerca do tempo de recuperação da PA e FC dos voluntários 1 e 2.

6.1 Voluntário 1

6.1.1 Pressão arterial e frequência cardíaca

Na tabela 8 encontram-se descritos os valores da PAS, PAD e FC do voluntário 1 antes e após a exposição ao frio extremo.

Tabela 8 Pressão arterial e frequência cardíaca do voluntário 1

10' antes exposição			5' após exposição		
Sis	Dis	Fc	Sis	Dis	Fc
122	80	59	123	69	58

Foram medidos os parâmetros apenas em duas ocasiões: 10 minutos antes e 5 minutos após a exposição ao frio. Após exposição, registou-se o aumento (1 mmHg) da PAS e a diminuição (11 mmHg e 1 bpm) da PAD e FC, comparativamente aos valores iniciais.

6.1.2 Temperatura interna corporal e temperatura da pele

Na figura 3 encontra-se ilustrada a evolução da TIC, da TMP e temperatura das extremidades medidas (mão esquerda e testa). Na figura 4 encontra-se ilustrada a evolução da TIC, da TMP e os valores de PAS, PAD e FC. Os três períodos de exposição contínua ao frio encontram-se assinalados com tracejado.

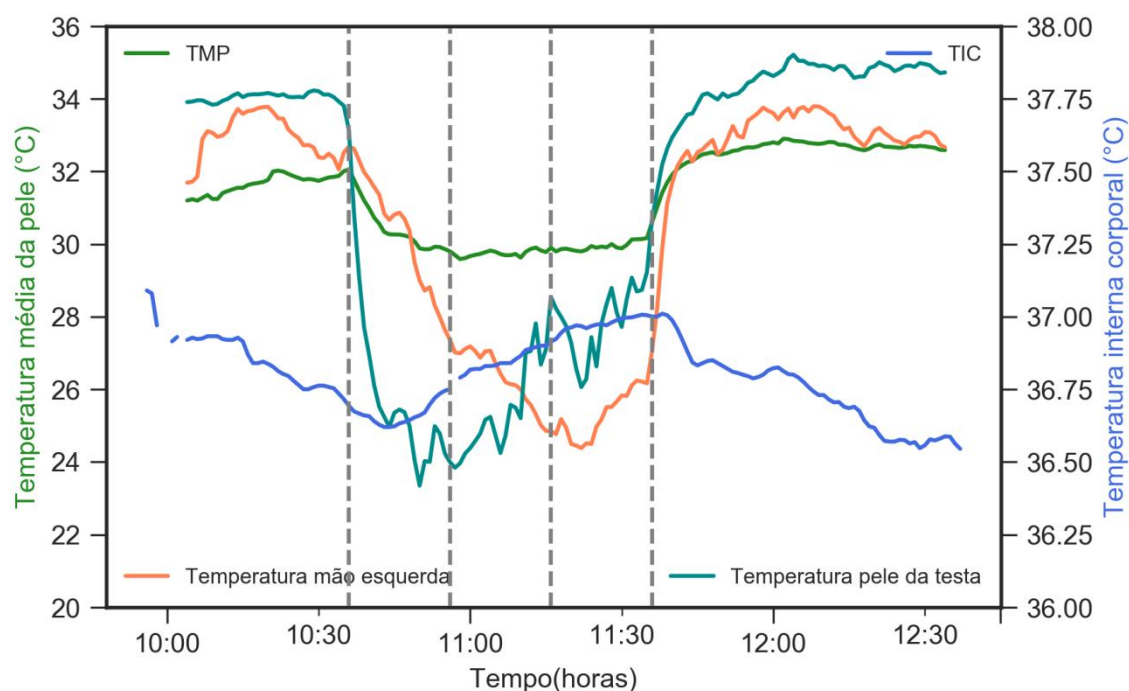


Figura 3 Evolução da TIC, TMP e Temperatura das Extremidades do voluntário 1

No momento imediatamente antes da exposição ao frio, o valor da TIC do voluntário foi 36,69 °C. O valor da TIC decresceu durante os primeiros momentos de exposição ao frio, atingindo o valor mínimo de 36,62 °C após 7 minutos de exposição e aumentou até aos 37,00 °C, altura em que o voluntário abandonou a câmara climática. A TIC do voluntário voltou ao valor que antecedeu a entrada na câmara climática às 12:14 horas (após 38 minutos de repouso).

A TMP decresceu dos 32,05 °C (imediatamente antes da exposição ao frio) até aos 29,58 °C (após 22 minutos de exposição), aumentando até à saída da câmara climática (30,59 °C). O valor da TMP voltou ao valor que antecedeu a entrada na câmara climática após 2 minutos de repouso.

A temperatura da mão esquerda decresceu durante quase todo o período de exposição ao frio, atingindo o valor mínimo de 24,38 °C (após 46 minutos de exposição). A temperatura antes da entrada na câmara climática (32,68 °C) foi recuperada após 11 minutos de repouso.

A temperatura da testa decresceu durante os primeiros 14 minutos de exposição ao frio até ao valor mínimo 23,35 °C aumentando (embora com oscilações) até à saída da câmara climática (30,68 °C). Após 5 minutos de repouso, foi recuperada a temperatura registada antes da exposição ao frio (33,14 °C).

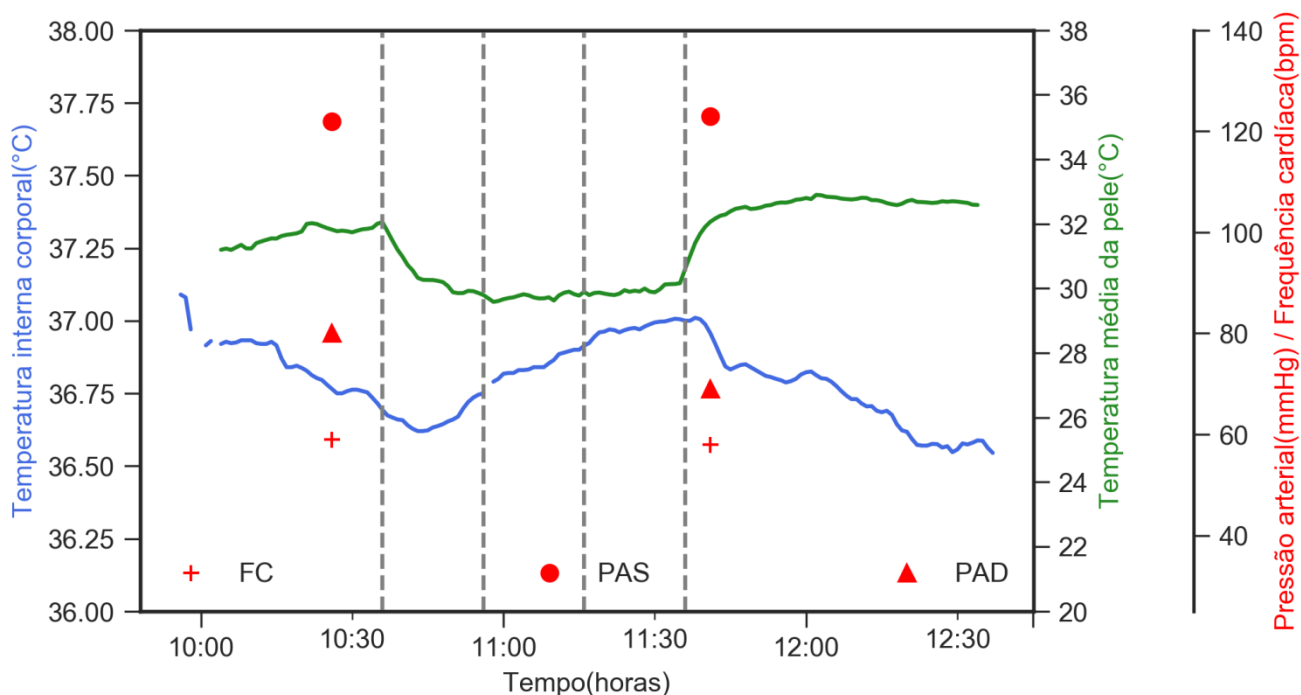


Figura 4 Evolução da TIC, TMP, PAS, PAD e FC do voluntário 1

6.1.3 Questionário de sensação térmica

Na tabela 9 encontram-se ilustradas as respostas do voluntário 1 ao QST efetuado antes, durante e após a exposição ao frio extremo.

Tabela 9 Respostas ao questionário de sensação térmica do voluntário 1

Momentos \ Questões	1	2	3	4	5	6	7	8
10' antes exposição	0	-1	0	Sim	0	0	0	0
0' durante exposição	-1	-1	1	Sim	0	0	0	0
20' durante exposição	-1	-1	2	Sim	-1	0	0	0
40' durante exposição	-1	-1	2	Sim	-1	0	0	0
60' durante exposição	-1	-1	2	Sim	-1	0	0	0
5' após exposição	1	0	0	Sim	0	0	0	0
20' após exposição	0	0	0	Sim	0	0	0	0
40' após exposição	0	0	0	Sim	0	0	0	0
60' após exposição	0	0	0	Sim	0	0	0	0

As respostas obtidas demonstram que o voluntário 1 se sentiu ligeiramente desconfortável durante o período de exposição ao frio e que gostaria de estar mais quente. Passados 20 minutos após a exposição ao frio, o voluntário afirmou sentir-se confortável.

6.2 Voluntário 2

6.2.1 Pressão arterial e frequência cardíaca

Na tabela 10 encontram-se descritos os valores da PAS, PAD e FC do voluntário 2 antes e após a exposição ao frio extremo.

Tabela 10. Pressão arterial e frequência cardíaca do voluntário 2

10' antes exposição			5' após exposição		
Sis	Dis	Fc	Sis	Dis	Fc
114	75	65	119	66	85

Foram medidos os parâmetros apenas em duas ocasiões: 10 minutos antes 5 minutos após a exposição ao frio. Após a exposição, registou-se o aumento (5 mmHg e 20 bpm) PAS e da FC e a diminuição (9 mmHg) da PAD, comparativamente aos valores iniciais.

6.2.2 Temperatura interna corporal e temperatura da pele

Na figura 5 encontra-se ilustrada a evolução da TIC, da TMP e temperatura das extremidades medidas (mão esquerda e testa). Na figura 6 encontra-se ilustrada a evolução da TIC, da TMP e os valores de PAS, PAD e FC. Os três períodos contínua de exposição ao frio encontram-se assinalados com tracejado.

No momento imediatamente antes da exposição ao frio, o valor da TIC do voluntário foi 37,08 °C. O valor da TIC decresceu durante os primeiros momentos de exposição ao frio, atingindo o valor mínimo de 36,60 °C após 8 minutos de exposição e aumentou até aos 37,14 °C (temperatura mais elevada do que a que antecedeu a exposição), altura em que o voluntário abandonou a câmara climática.

A TMP decresceu dos 32,70 °C (imediatamente antes da exposição ao frio) até aos 30,50 °C, mantendo-se sem oscilações significativas até à saída da câmara climática (30,80 °C). Não foi possível, com o tempo de medição realizado, perceber quando é que o valor da TMP voltou ao valor que antecedeu a entrada na câmara climática. No entanto, após 10 minutos de repouso, a temperatura registada foi 32,21 °C.

A temperatura da mão esquerda decresceu entre o momento antes da entrada da câmara (31,08 °C) e o momento de saída da câmara (28,51 °C), atingindo o mínimo (25,24 °C) após 37 minutos de exposição ao frio. Não foi possível, com o tempo de medição realizado, perceber quando é que o valor da temperatura da mão esquerda voltou ao valor que antecedeu a entrada na câmara climática. No entanto, após 10 minutos de repouso, a temperatura registada foi 28,14 °C.

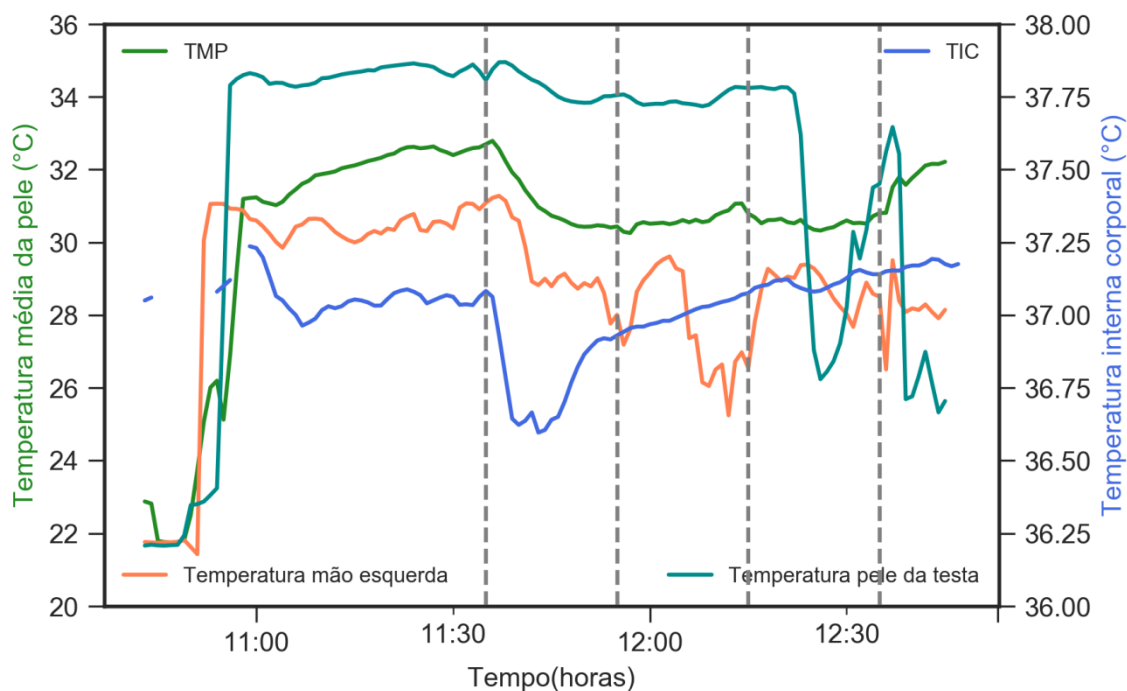


Figura 5 Evolução da TIC, TMP e Temperatura das Extremidades do voluntário 2

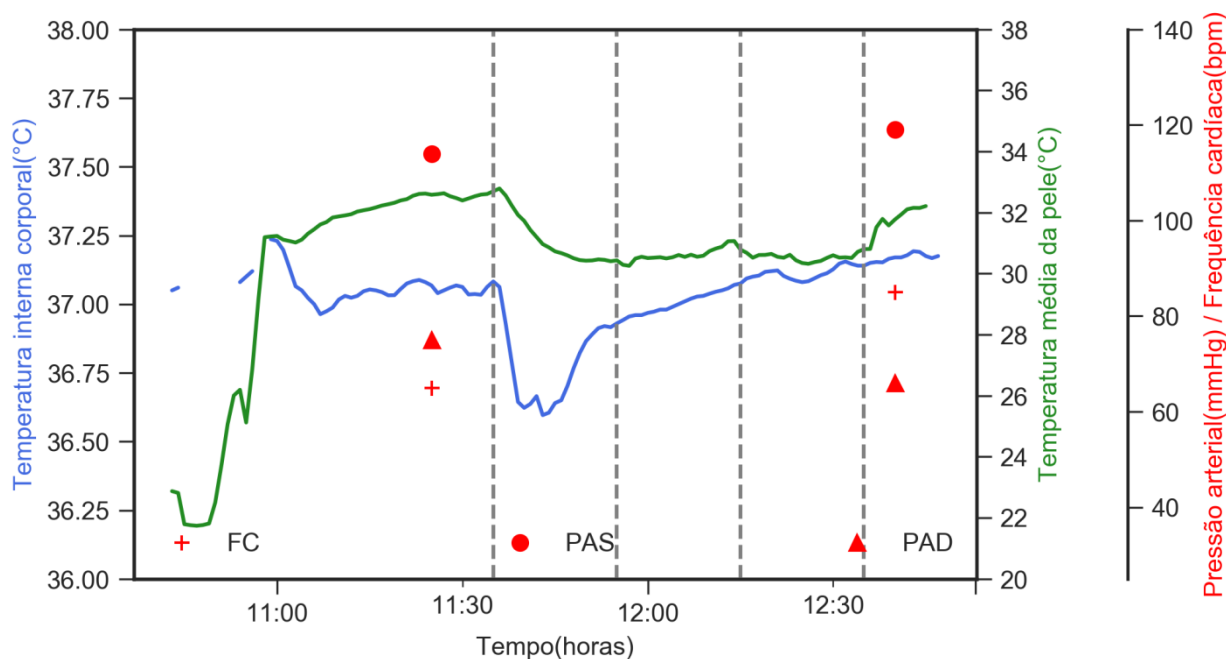


Figura 6 Evolução da TIC, TMP, PAS, PAD e FC do voluntário 2

A temperatura da testa decresceu durante o período de exposição ao frio até ao valor mínimo 26,23 °C (aos 47 minutos de exposição). No entanto, a razão deste pico está relacionada com a fragilidade do sensor de medição utilizado, que se deslocou, resultando numa medição incorreta. O valor da temperatura antes da exposição foi de 34,45 °C e de 31,60 °C no final da exposição.

6.2.3 Questionário de sensação térmica

Na tabela 11 encontram-se ilustradas as respostas do voluntário 2 ao QST efetuado antes, durante e após a exposição ao frio extremo.

Tabela 11 Respostas ao questionário de sensação térmica do voluntário 2

Momentos \ Questões	1	2	3	4	5	6	7	8
10' antes exposição	1	0	-1	Sim	-1	0	0	0
0' durante exposição	-3	-2	2	Não	-2	0	0	Nariz
20' durante exposição	-3	-3	2	Não	-3	0	Dedos (mão)	Nariz
40' durante exposição	-1	-2	2	Não	-3	0	Dedos (mão)	Nariz
60' durante exposição	-1	-2	-2	Não	-3	0	Dedos (mão)	Nariz
5' após exposição	1	0	0	Sim	0	0	0	Dedos (pés)

O voluntário 2 respondeu que se sentiu frio e muito desconfortável durante os primeiros 20 minutos de exposição, sensações que foram sendo atenuadas ao longo do ensaio. Caracterizou sempre o ambiente como muito difícil de suportar e respondeu sempre que não trabalharia em condições idênticas. Durante o período de exposição, afirmou sentir dor nos dedos das mãos e frio particularmente no nariz. Após a exposição respondeu que sentia frio nos dedos dos pés.

6.3 Voluntário 3

6.3.1 Pressão arterial e frequência cardíaca

Na tabela 12 encontram-se descritos os valores da PAS, PAD e FC do voluntário 3 antes e após a exposição ao frio extremo.

Tabela 12 Pressão arterial e frequência cardíaca do voluntário 3

10' antes exposição			5' após exposição			15' após exposição			30' após exposição			60' após exposição			90' após exposição		
Sis	Dis	Fc	Sis	Dis	Fc	Sis	Dis	Fc	Sis	Dis	Fc	Sis	Dis	Fc	Sis	Dis	Fc
118	75	57	116	76	63	107	72	60	100	69	58	106	70	51	113	77	51

Realizaram-se seis medições: uma antes e cinco após a exposição ao frio. Registou-se o decréscimo (2 mmHg) da PAS e o aumento (1 mmHg e 6 bpm) da PAD e FC no período de 5 minutos posteriores à exposição ao frio, comparativamente aos valores recolhidos 10 minutos antes da mesma. Durante o período de 30 minutos após a exposição, registou-se a diminuição da PAS e o aumento da PAD e FC. Após 60 minutos de repouso, a PAS e PAD sobem e a FC continua a descer, estabilizando 90 minutos após a exposição. Também após 90 minutos de repouso os valores de PAS e PAD aproximam-se dos registados antes da entrada na câmara climática.

6.3.2 Temperatura interna corporal e temperatura da pele

Na figura 7 encontra-se ilustrada a evolução da TIC, da TMP e temperatura das extremidades medidas (mão esquerda e testa). Na figura 8 encontra-se ilustrada a evolução da TIC, da TMP e os valores de PAS, PAD e FC. Os três períodos de exposição contínua ao frio encontram-se assinalados com tracejado.

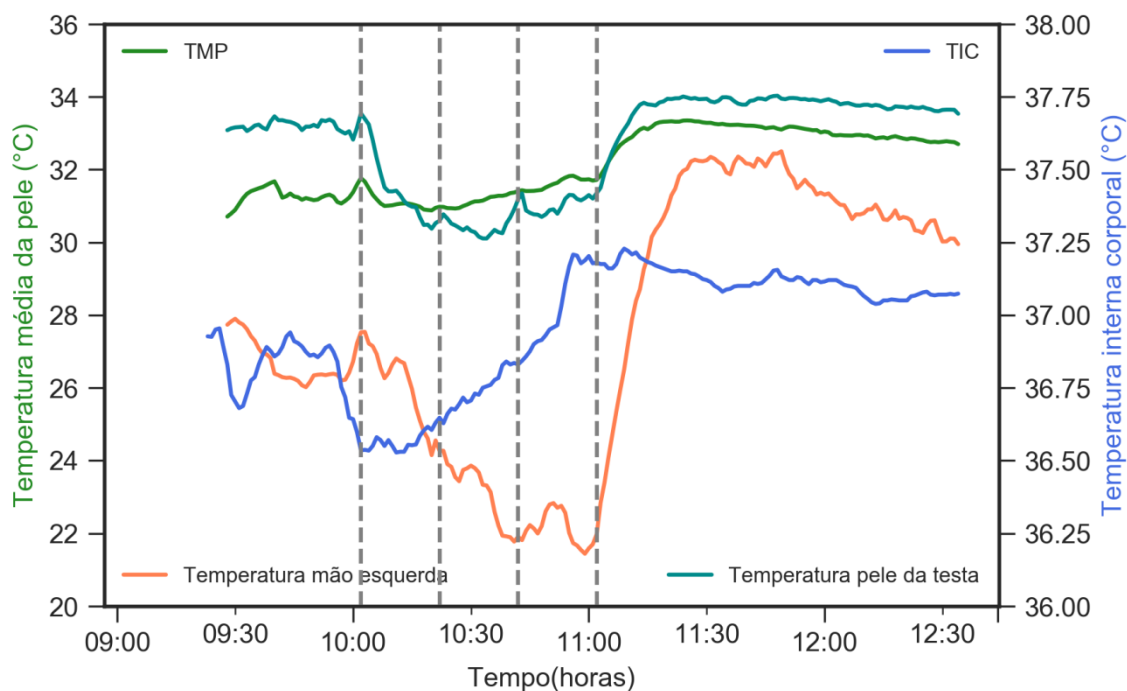


Figura 7 Evolução da TIC, TMP e Temperatura das Extremidades do voluntário 3

No momento imediatamente antes da exposição ao frio, o valor da TIC do voluntário foi 36,54 °C. O valor da TIC atingiu o valor mínimo de 36,53 °C após 10 minutos de exposição e aumentou até aos 37,18 °C (temperatura mais elevada do que a que antecedeu a exposição), altura em que o voluntário abandonou a câmara climática. Durante o período de repouso a TIC manteve-se sempre mais elevada que a registada antes do ensaio.

A TMP decresceu dos 31,76 °C (imediatamente antes da exposição ao frio) até aos 30,93 °C (após 24 minutos de exposição), aumentando sem oscilações significativas até à saída da câmara climática (31,71 °C). Após a saída da câmara, a TMP aumentou até o valor máximo de 33,35 °C (após 23 minutos de repouso), mantendo-se sempre acima dos 32 °C até ao final do ensaio.

A temperatura da mão esquerda decresceu entre o momento antes da entrada da câmara (27,52 °C) e o momento de saída da câmara (21,97 °C), atingindo o mínimo (21,44 °C) após 57 minutos de exposição ao frio. Após 9 minutos de repouso o valor da temperatura da mão esquerda voltou a igualar o registado antes da exposição, ultrapassando-o e mantendo-se mais elevado até ao final do ensaio.

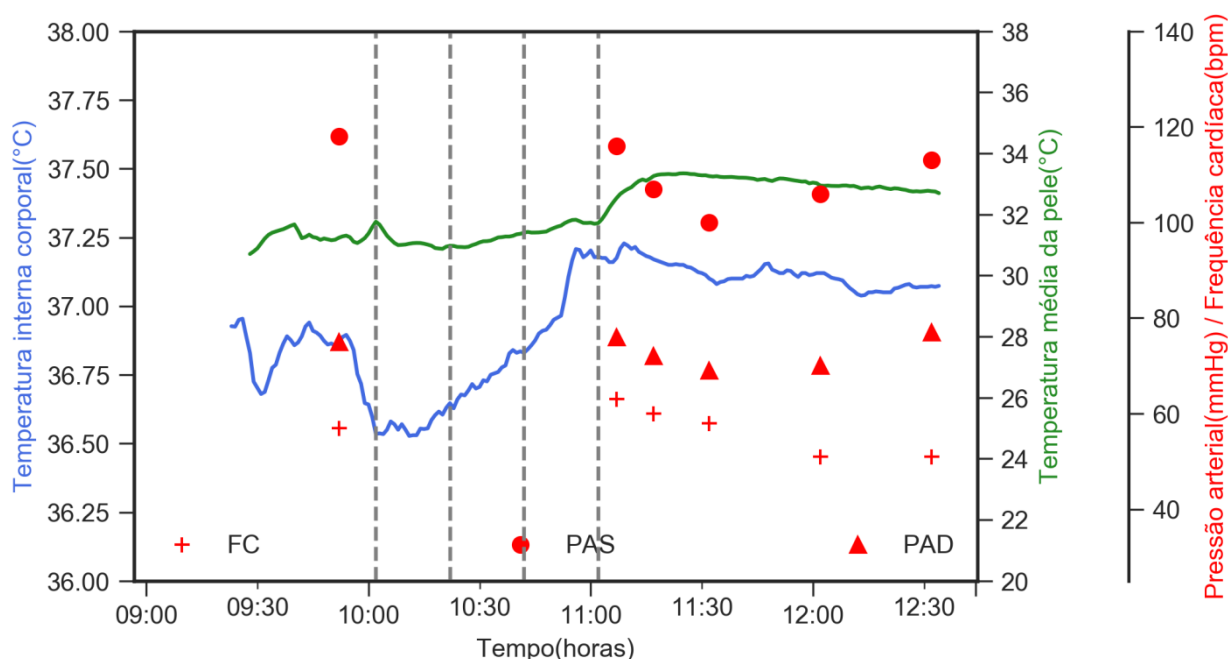


Figura 8 Evolução da TIC, TMP, PAS, PAD e FC do voluntário 3

A temperatura da testa decresceu durante o período de exposição ao frio até ao valor mínimo 30,10 °C após 32 minutos de exposição ao frio registrando, posteriormente, um aumento até aos 31,35 °C, altura em que o voluntário abandonou a câmara climática. A temperatura registada antes da exposição ao frio (33,54 °C) foi atingida após 10 minutos de repouso.

6.3.3 Questionário de sensação térmica

Na tabela 13 encontram-se ilustradas as respostas do voluntário 3 ao QST efetuado antes, durante e após a exposição ao frio extremo.

Tabela 13 Respostas ao questionário de sensação térmica do voluntário 3

Momentos \ Questões	1	2	3	4	5	6	7	8
10' antes exposição	0	0	0	Sim	0	0	0	Pés
0' durante exposição	0	0	0	Sim	0	0	0	0
20' durante exposição	-1	0	-1	Sim	0	0	0	Dedos (mãos)
40' durante exposição	-1	-1	0	Sim	-1	0	Dedos (mãos)	Dedos (mãos)
60' durante exposição	-1	0	1	Sim	0	0	0	Dedos (mãos)
5' após exposição	0	0	0	Sim	0	0	0	Pés
20' após exposição	0	0	0	Sim	0	0	0	0
40' após exposição	0	0	0	Sim	0	0	0	0
60' após exposição	0	0	0	Sim	0	Sonolência	0	0
90' após exposição	0	0	0	Sim	0	0	0	0

O voluntário 3 respondeu que se sentiu ligeiramente frio durante grande parte do tempo de permanência na câmara climática. Após 20 minutos de exposição, o voluntário respondeu à questão 3 "Neste exato momento como gostarias de estar?" com -1 (ligeiramente mais frio). Terá

existido um lapso na resposta uma vez que o voluntário respondeu anteriormente que se sentia ligeiramente fresco e, posteriormente, que sentia frio nos dedos das mãos. Após 40 minutos de exposição ao frio o voluntário afirmou sentir-se ligeiramente desconfortável, com frio e dor particularmente nos dedos das mãos. A sensação de frio nos pés foi respondida por duas vezes (10 minutos antes e 5 minutos após a exposição). O voluntário referiu sentir sonolência 60 minutos após a saída da câmara climática.

6.4 Voluntário 4

6.4.1 Pressão arterial e frequência cardíaca

Na tabela 14 encontram-se descritos os valores da PAS, PAD e FC do voluntário 4 antes e após a exposição ao frio extremo.

Tabela 14 Pressão arterial e frequência cardíaca do voluntário 4

10' antes exposição			5' após exposição			15' após exposição			30' após exposição			60' após exposição			90' após exposição		
Sis	Dis	Fc	Sis	Dis	Fc	Sis	Dis	Fc	Sis	Dis	Fc	Sis	Dis	Fc	Sis	Dis	Fc
103	55	60	96	50	64	106	50	65	112	52	59	96	58	63	105	50	58

Realizaram-se seis medições: uma antes e cinco após a exposição ao frio. Registou-se o decréscimo (7 mmHg e 5 mmHg, respetivamente) da PAS e PAD e o aumento (4 bpm) da FC no período de 5 minutos posteriores à exposição ao frio, comparativamente aos valores recolhidos 10 minutos antes da mesma. Após 15 minutos de repouso registaram-se valores de PAS e PAD próximos dos valores basais. Após 30 minutos de repouso o valor de FC foi semelhante ao registado antes da exposição.

6.4.2 Temperatura interna corporal e temperatura da pele

Na figura 9 encontra-se ilustrada a evolução da TIC, da TMP e temperatura das extremidades medidas (mão esquerda e testa). Na figura 10 encontra-se ilustrada a evolução da TIC, da TMP e os valores de PAS, PAD e FC.. Os três períodos de exposição contínua ao frio encontram-se assinalados com tracejado.

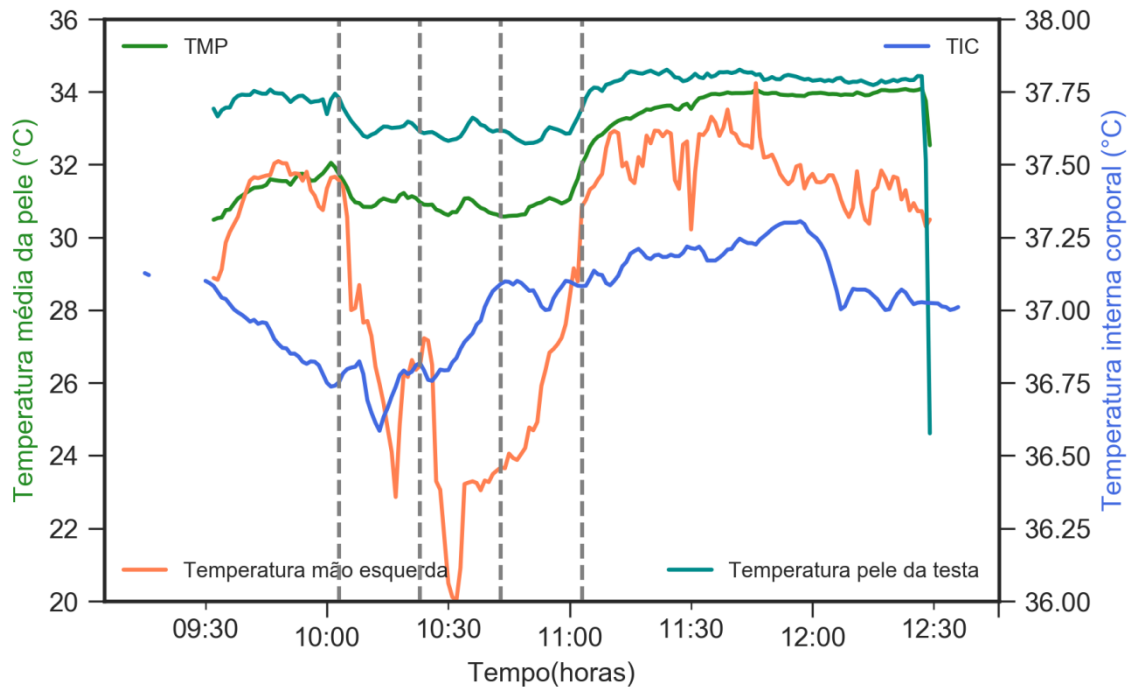


Figura 9 Evolução da TIC, TMP e Temperatura das Extremidades do voluntário 4

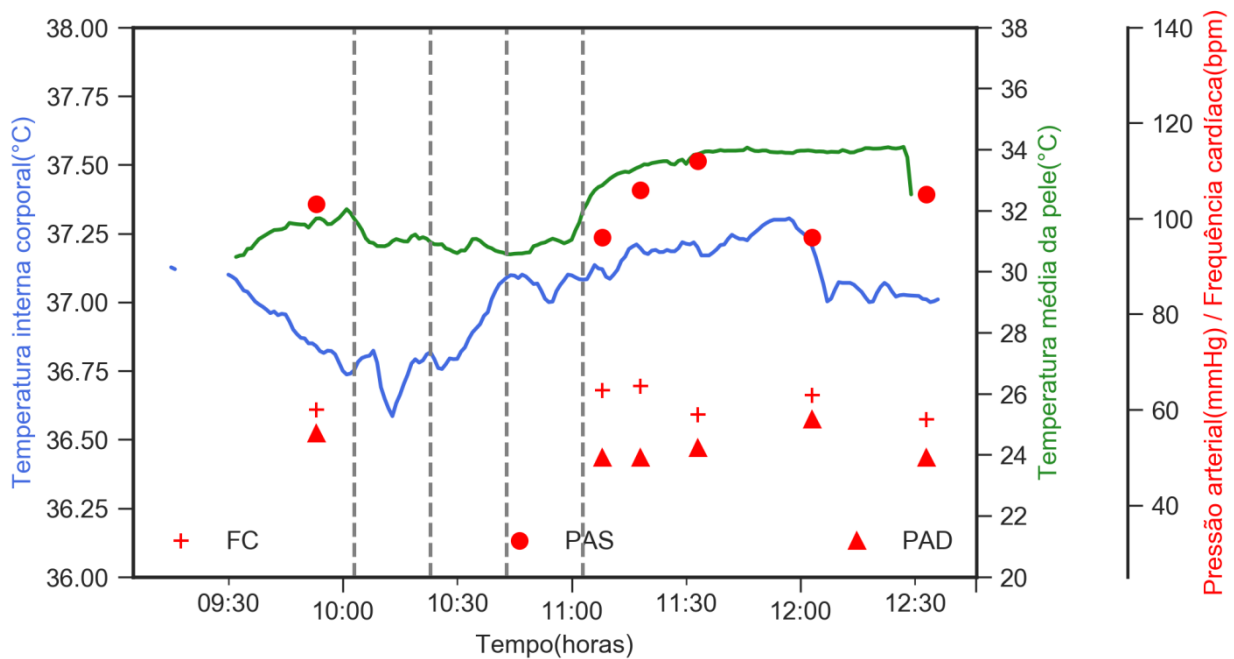


Figura 10 Evolução da TIC, TMP, PAS, PAD e FC do voluntário 4

No momento imediatamente antes da exposição ao frio, o valor da TIC do voluntário foi 36,75 °C. O valor da TIC atingiu o valor mínimo de 36,59 °C após 13 minutos de exposição e aumentou até aos 37,08 °C (temperatura mais elevada do que a que antecedeu a exposição), altura em que o voluntário abandonou a câmara climática. Durante 50 minutos em repouso a TIC do voluntário aumentou, atingindo os 37,30 °C. A temperatura registada no final do ensaio foi 37,01 °C.

A TMP decresceu dos 31,73 °C (imediatamente antes da exposição ao frio) até aos 30,57 °C (após 40 minutos de exposição), mantendo-se relativamente estável até à saída da câmara climática, altura em que se registou o valor de TMP de 32,02 °C. Após a saída da câmara, a TMP aumentou até o valor máximo de 34,08 °C (após 84 minutos de repouso), altura em que uma falha no equipamento impediu a continuidade da medição.

A temperatura da mão esquerda decresceu entre o momento antes da entrada da câmara (31,56 °C) e o momento de saída da câmara (30,84 °C), atingindo o mínimo (20,01 °C) após 31 minutos de exposição ao frio. Após 4 minutos de repouso o valor da temperatura da mão esquerda voltou igualar o valor registado antes da exposição, embora durante o período de repouso fossem registadas algumas variações, obtendo-se o valor máximo de 34,24 °C (após 43 minutos de repouso) e o valor mínimo de 30,30 °C (após 85 minutos de repouso).

A temperatura da testa decresceu durante o período de exposição ao frio até ao valor mínimo 32,58 °C após 46 minutos de exposição ao frio registando, posteriormente, um aumento até aos 33,54 °C, altura em que o voluntário abandonou a câmara climática. A temperatura registada antes da exposição ao frio (33,83 °C) foi atingida no minuto imediatamente a seguir à saída da câmara.

6.4.3 Questionário de sensação térmica

Na tabela 15 encontram-se ilustradas as respostas do voluntário 4 ao QST efetuado antes, durante e após a exposição ao frio extremo.

Tabela 15 Respostas ao questionário de sensação térmica do voluntário 4

Momentos \ Questões	1	2	3	4	5	6	7	8
10' antes exposição	0	0	0	Sim	0	0	0	Pés
0' durante exposição	0	-1	1	Sim	0	0	0	0
20' durante exposição	0	-1	0	Sim	-1	0	0	Dedos (mãos)
40' durante exposição	1	0	0	Sim	0	0	0	Pés
60' durante exposição	1	0	0	Sim	0	0	0	Pés
5' após exposição	0	0	0	Sim	0	0	0	Pés
20' após exposição	0	0	0	Sim	0	0	0	Pés
40' após exposição	0	0	0	Sim	0	0	0	Dedos (pés)
60' após exposição	0	0	0	Sim	0	Sonolência	0	0
90' após exposição	0	0	0	Sim	0	Sonolência	0	0

O voluntário 3 respondeu, logo após a entrada na câmara, que se sentia ligeiramente desconfortável e que preferia sentir-se ligeiramente mais quente. Após 20 minutos de exposição, para além do ligeiro desconforto, o voluntário classificou o ambiente como um pouco difícil de suportar, indicando sentir frio nos dedos das mãos. Após 40 e 60 minutos de exposição ao frio, o voluntário respondeu que se sentia ligeiramente morno e com frio nos pés. Durante o período de repouso, o frio nos pés permaneceu (particularmente nos dedos dos mesmos, 40 minutos após a exposição), e após 60 e 90 minutos sentado o voluntário referiu sentir-se com sonolência.

6.5 Voluntário 5

6.5.1 Pressão arterial e frequência cardíaca

Na tabela 16 encontram-se descritos os valores da PAS, PAD e FC do voluntário 5 antes e após a exposição ao frio extremo.

Tabela 16 Pressão arterial e frequência cardíaca do voluntário 5

10' antes exposição			5' após exposição			15' após exposição			30' após exposição			60' após exposição			90' após exposição		
Sis	Dis	Fc	Sis	Dis	Fc	Sis	Dis	Fc	Sis	Dis	Fc	Sis	Dis	Fc	Sis	Dis	Fc
117	74	65	133	77	92	114	74	86	116	72	79	105	72	75	111	71	66

Realizaram-se seis medições: uma antes e cinco após a exposição ao frio. Registou-se o aumento (16 mmHg, 3 mmHg e 27 bpm, respetivamente) da PAS, PAD e FC no período de 5 minutos posteriores à exposição ao frio, comparativamente aos valores recolhidos 10 minutos antes da mesma. Após 15 minutos de repouso, a PAS e PAD diminuíram para valores semelhantes ou iguais (no caso da PAD) aos registados na temperatura de conforto. Após 90 minutos de repouso, o valor medido FC foi muito próximo do registado 10 minutos antes da exposição ao frio.

6.5.2 Temperatura interna corporal e temperatura da pele

Na figura 11 encontra-se ilustrada a evolução da TIC, da TMP e temperatura das extremidades medidas (mão esquerda e testa). Na figura 12 encontra-se ilustrada a evolução da TIC, da TMP e os valores de PAS, PAD e FC. Os três períodos de exposição contínua ao frio encontram-se assinalados com tracejado.

No momento imediatamente antes da exposição ao frio, o valor da TIC do voluntário foi 36,96 °C. O valor da aumentou durante praticamente todo o ensaio, atingindo o valor máximo 37,35 °C, decrescendo até aos 37,23 °C, temperatura com que o voluntário abandonou a câmara climática. Durante o período de repouso, excetuando o ligeiro aumento no início, a TIC diminuiu, atingindo o valor registado antes da exposição ao frio após 39 minutos de repouso. O valor mínimo (36,64 °C) foi atingido após 57 minutos de repouso, não sofrendo alterações significativas até ao término do ensaio (36,71 °C).

A TMP decresceu dos 32,16°C (imediatamente antes da exposição ao frio) até aos 30,58 °C (após 21 minutos de exposição), aumentando até à saída da câmara climática, altura em que se registou o valor de TMP de 32,29 °C. Após a saída da câmara, a TMP aumentou até o valor máximo de 33,99 °C (após 43 minutos de repouso), altura em que uma falha no equipamento impediu a continuidade da medição.

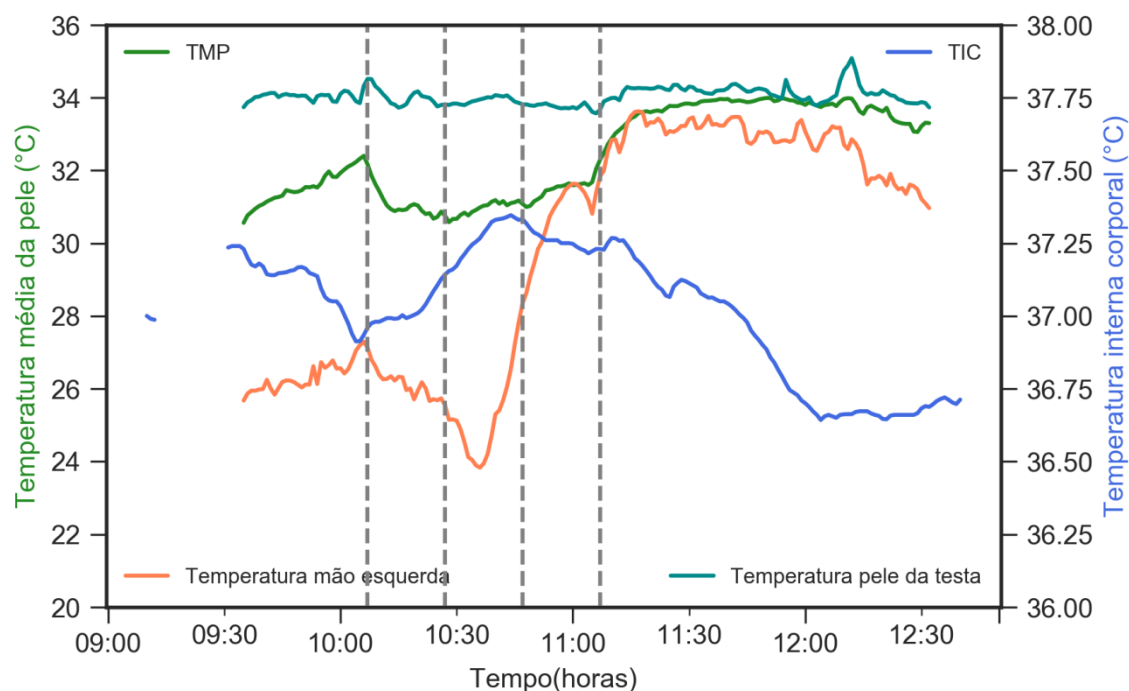


Figura 11 Evolução da TIC, TMP e Temperatura das Extremidades do voluntário 5

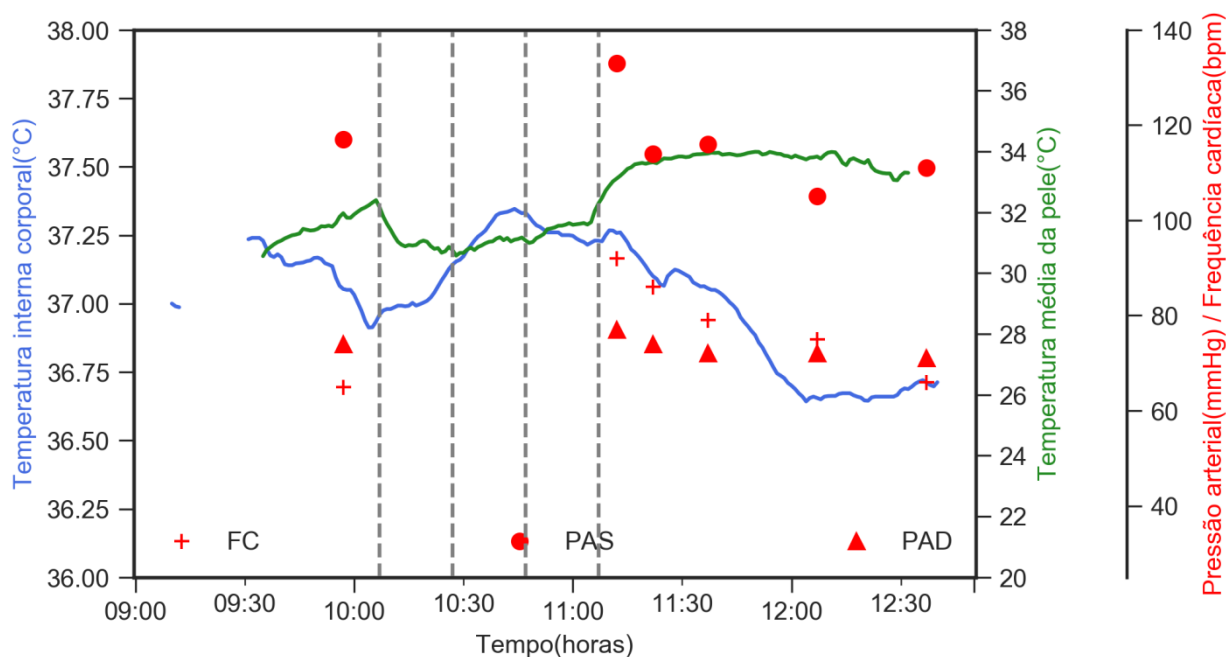


Figura 12 Evolução da TIC, TMP, PAS, PAD e FC do voluntário 5

A temperatura da mão esquerda aumentou entre o momento antes da entrada da câmara (27,13 °C) e o momento de saída da câmara (31,83 °C) existindo, no entanto, uma descida que atingiu os 23,83 °C (após 29 minutos de exposição ao frio). Durante o período de repouso a temperatura registada foi sempre mais elevada que a verificada antes da exposição ao frio, atingindo os 33,50 °C após 28 minutos de repouso.

A temperatura da testa decresceu durante o período de exposição ao frio até ao valor mínimo 33,57 °C após 59 minutos de exposição ao frio registrando, posteriormente, um aumento até aos 33,66 °C, altura em que o voluntário abandonou a câmara climática. A temperatura registada antes da exposição ao frio (34,52 °C) foi atingida após 63 minutos após a saída da câmara.

6.5.3 Questionário de sensação térmica

Na tabela 17 encontram-se ilustradas as respostas do voluntário 5 ao QST efetuado antes, durante e após a exposição ao frio extremo.

Tabela 17 Respostas ao questionário de sensação térmica do voluntário 5

Momentos \ Questões	1	2	3	4	5	6	7	8
10' antes exposição	-1	0	1	Sim	0	0	0	Pés
0' durante exposição	-1	-1	1	Sim	-1	0	0	0
20' durante exposição	-3	-2	2	Não	-2	0	Mãos	Mãos
40' durante exposição	-2	-1	1	Sim	-1	0	0	Pés
60' durante exposição	-1	-1	1	Sim	0	0	0	Pés
5' após exposição	0	0	0	Sim	0	0	0	Pés
20' após exposição	0	0	0	Sim	0	Sonolência	0	0
40' após exposição	0	0	0	Sim	0	Sonolência	0	0
60' após exposição	0	0	0	Sim	0	Sonolência	0	0
90' após exposição	0	0	0	Sim	0	Sonolência	0	0

O voluntário 5 respondeu, antes da entrada na câmara climática, que se sentia ligeiramente frio (afirmando sentir frio nos pés) e que preferia estar ligeiramente mais quente. Logo após a entrada na câmara, o voluntário acrescentou às respostas dadas anteriormente que se sentia ligeiramente desconfortável e que o ambiente era um pouco difícil de suportar, não mencionando o frio nos pés. A situação de maior desconforto ocorreu após 20 minutos de exposição, quando o voluntário manifestou ter frio, estar inconfortável, desejar estar mais quente e com dor e frio nas mãos. As sensações de frio foram sendo atenuadas no decorrer do ensaio. Durante o período de repouso, as respostas do voluntário foram quase sempre neutras, exceto quando manifestou frio nos pés (após 5 minutos em repouso) e sonolência (após 20 minutos em repouso e até ao final do ensaio).

6.6 Voluntário 6

6.6.1 Pressão arterial e frequência cardíaca

Na tabela 18 encontram-se descritos os valores da PAS, PAD e FC do voluntário 6 antes e após a exposição ao frio extremo.

Tabela 18 Pressão arterial e frequência cardíaca do voluntário 6

10' antes exposição			5' após exposição			15' após exposição			30' após exposição			60' após exposição			90' após exposição		
Sis	Dis	Fc	Sis	Dis	Fc	Sis	Dis	Fc	Sis	Dis	Fc	Sis	Dis	Fc	Sis	Dis	Fc
105	66	68	110	63	80	111	66	77	106	66	74	100	65	66	101	64	68

Realizaram-se seis medições: uma antes e cinco após a exposição ao frio. Registou-se o aumento (5 mmHg e 12 bpm) da PAS e FC e a diminuição (3 mmHg) da PAD no período de 5 minutos posteriores à exposição ao frio, comparativamente aos valores recolhidos 10 minutos antes da mesma. Após 30 minutos de repouso, a PAS e PAD atingem valores muito próximos (iguais, no caso da PAD) dos registados antes da exposição, enquanto a FC apenas após 90 minutos de repouso se aproximou do valor medido antes da exposição ao frio.

6.6.2 Temperatura interna corporal e frequência cardíaca

Na figura 13 encontra-se ilustrada a evolução da TIC, da TMP e temperatura das extremidades medidas (mão esquerda e testa). Na figura 14 encontra-se ilustrada a evolução da TIC, da TMP e os valores de PAS, PAD e FC. Os três períodos de exposição contínua ao frio encontram-se assinalados com tracejado.

No momento imediatamente antes da exposição ao frio, o valor da TIC do voluntário foi 36,91 °C. Durante a exposição ao frio, o valor da TIC aumentou, atingindo o máximo (37,33 °C) após 34 minutos de exposição. A TIC começou então a decrescer, atingindo os 37,01 °C, temperatura com que o voluntário abandonou a câmara climática. Após 14 minutos de repouso, a TIC atingiu o valor registado antes da exposição ao frio, continuando a decrescer até ao término do ensaio (36,69 °C).

A TMP decresceu dos 33,16°C (imediatamente antes da exposição ao frio) até aos 31,28 °C (após 12 minutos de exposição). Uma falha de comunicação do equipamento impediu que fosse registada a temperatura no minuto exato de saída da câmara. No entanto, a medição efetuada no minuto imediatamente a seguir (31,77 °C) leva a crer que a temperatura aumentou ligeiramente na fase final da exposição. A temperatura registada antes da exposição foi atingida após 12 minutos de repouso, registando-se a subida da TMP até aos 34,18 °C, temperatura a partir da qual pareceu atingir-se a estabilidade até ao final do ensaio.

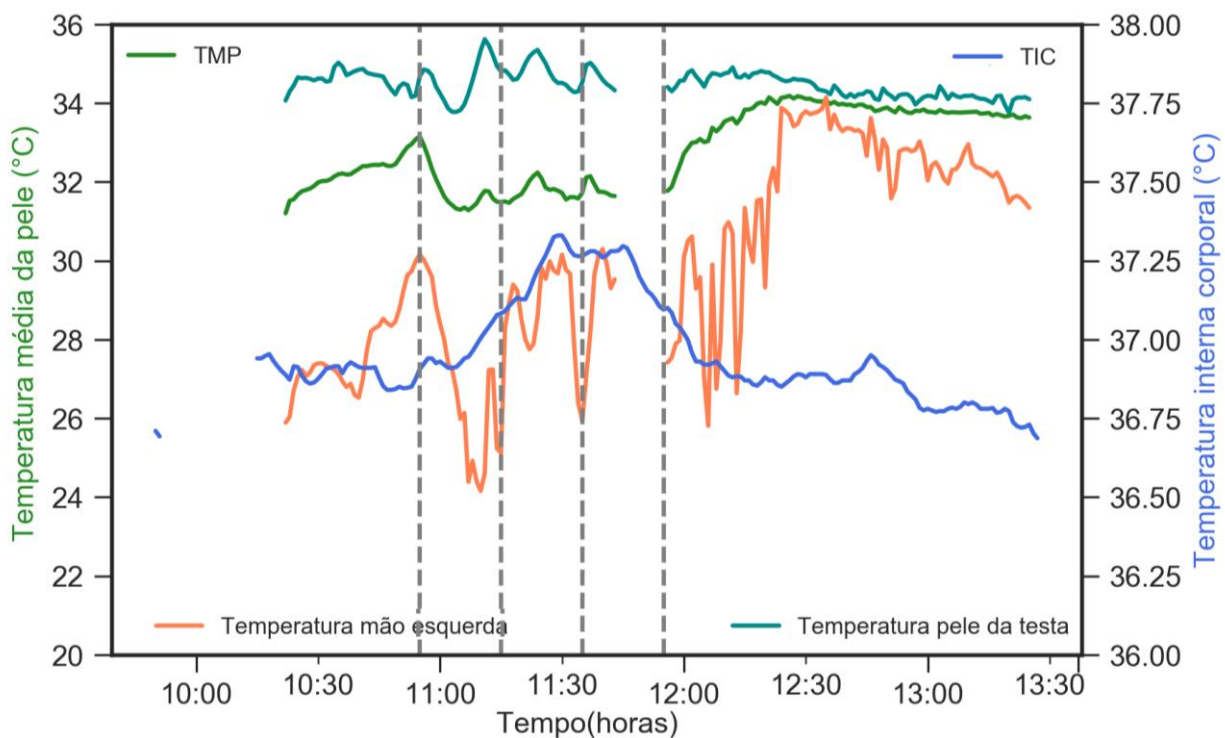


Figura 13 Evolução da TIC, TMP e Temperatura das Extremidades do voluntário 6

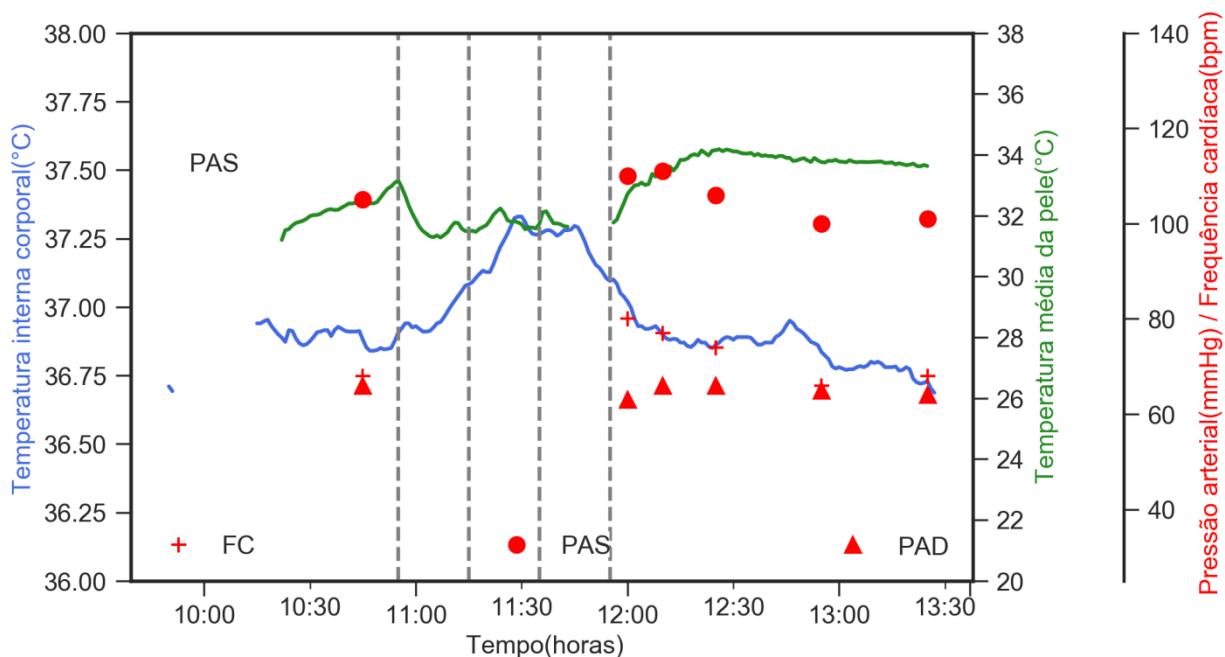


Figura 14 Evolução da TIC, TMP, PAS, PAD e FC do voluntário 6

A temperatura da mão esquerda diminuiu entre o momento antes da entrada da câmara (30,16 °C) e o momento imediatamente a seguir à saída da câmara climática (27,41 °C). Mais uma vez, dificuldades de comunicação do equipamento impediram a medição no minuto exato de término da exposição. O mínimo da temperatura da mão esquerda foi atingido após 15 minutos de

exposição ao frio. A temperatura registrada antes da exposição foi atingida após 6 minutos de repouso (embora a evolução não seja regular, possivelmente ao desprendimento do sensor).

A temperatura da testa decresceu durante o período de exposição ao frio até ao valor mínimo 33,77 °C após 9 minutos de exposição ao frio registrando, posteriormente, um aumento até aos 34,40 °C, medidos no minuto a seguir à saída da câmara climática. A temperatura registrada antes da exposição ao frio (34,67 °C) foi atingida no 6 minutos após a saída da câmara climática.

6.6.3 Questionário de sensação térmica

Na tabela 19 encontram-se descritas as respostas do voluntário 6 ao QST efetuado antes, durante e após a exposição ao frio extremo.

Tabela 19 Respostas ao questionário de sensação térmica do voluntário 6

Momentos \ Questões	1	2	3	4	5	6	7	8
10' antes exposição	-1	0	0	Sim	0	0	0	0
0' durante exposição	0	0	1	Sim	0	0	0	Nariz
20' durante exposição	-1	0	1	Sim	0	0	0	Nariz
40' durante exposição	-1	0	1	Sim	0	0	0	Nariz
60' durante exposição	-1	-1	1	Sim	0	0	0	Nariz e Pés
5' após exposição	2	0	0	Sim	0	0	0	Pés
20' após exposição	1	0	0	Sim	0	0	0	Pés
40' após exposição	1	0	0	Sim	0	0	0	Pés
60' após exposição	0	0	0	Sim	0	Sonolência	0	0
90' após exposição	0	0	0	Sim	0	0	0	0

O voluntário 6 respondeu, antes da entrada na câmara climática, que se sentia ligeiramente fresco. Logo após a entrada na câmara, o voluntário respondeu que preferia sentir-se um pouco mais quente, mencionando o frio no nariz. A situação de maior desconforto ocorreu após 60 minutos de exposição, quando o sentir-se ligeiramente fresco, estar ligeiramente desconfortável, desejar estar ligeiramente mais quente e com frio nas mãos e pés. nos primeiros 5 minutos de repouso o voluntário sentiu-se morno, sensação que foi evoluindo até à neutralidade registrada no final do ensaio. No entanto, o frio nos pés permaneceu até aos 40 minutos após a exposição. O voluntário sentiu-se sonolento após os 60 minutos em repouso.

6.7 Voluntário 7

6.7.1 Pressão arterial e frequência cardíaca

Na tabela 20 encontram-se descritos os valores da PAS, PAD e FC do voluntário 7 antes e após a exposição ao frio extremo.

Tabela 20 Pressão arterial e frequência cardíaca do voluntário 7

10' antes exposição			5' após exposição			15' após exposição			30' após exposição			60' após exposição			90' após exposição		
Sis	Dis	Fc	Sis	Dis	Fc	Sis	Dis	Fc	Sis	Dis	Fc	Sis	Dis	Fc	Sis	Dis	Fc
116	68	75	115	70	77	120	78	74	105	61	74	104	74	74	107	70	75

Realizaram-se seis medições: uma antes e cinco após a exposição ao frio. Registou-se o aumento (2 mmHg e 2 bpm) da PAD e FC e a diminuição (1 mmHg) da PAS no período de 5 minutos posteriores à exposição ao frio, comparativamente aos valores recolhidos 10 minutos antes da mesma. Após 15 minutos de repouso, a PAS e PAD aumentaram (5 mmHg e 8 mmHg, respetivamente), enquanto a FC diminuiu (3 bpm). Os valores parecem estabilizar a partir dos 30 minutos de repouso não atingindo (com exceção da FC), os valores registados antes da exposição.

6.7.2 Temperatura interna corporal e temperatura da pele

Na figura 15 encontra-se ilustrada a evolução da TIC, da TMP e temperatura das extremidades medidas (mão esquerda e testa). Na figura 16 encontra-se ilustrada a evolução da TIC, da TMP e os valores de PAS, PAD e FC. Os três períodos de exposição contínua ao frio encontram-se assinalados com tracejado.

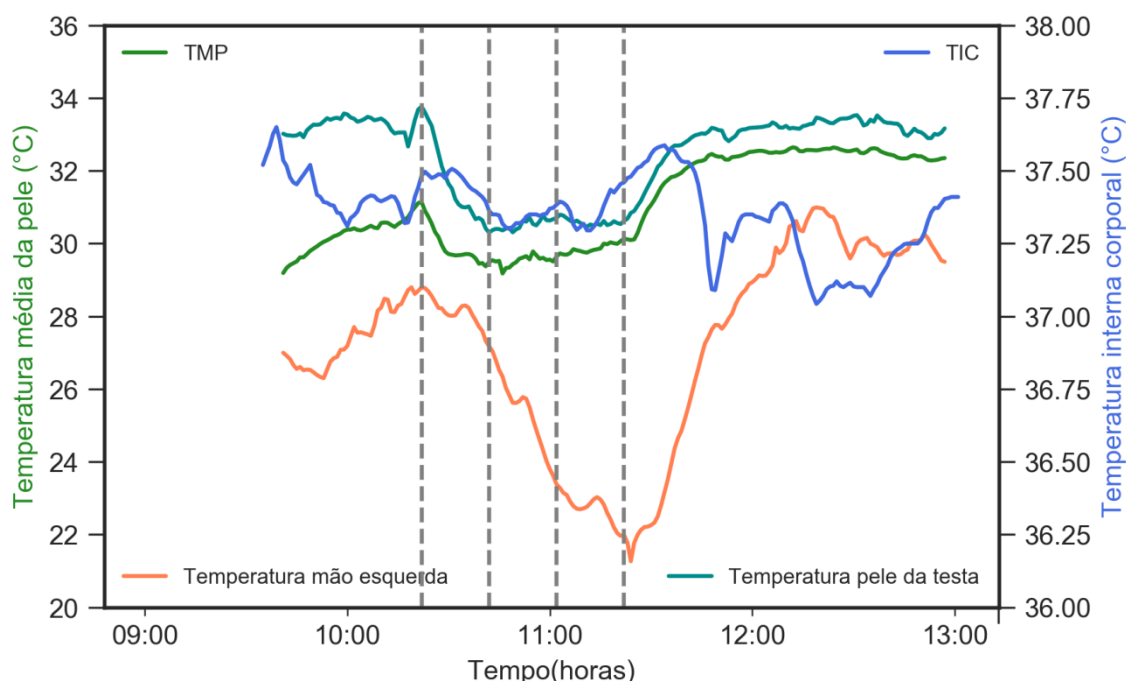


Figura 15 Evolução da TIC, TMP e Temperatura das Extremidades do voluntário 7

No momento imediatamente antes da exposição ao frio, o valor da TIC do voluntário foi 37,48 °C. Durante a exposição ao frio, o valor da TIC aumentou ligeiramente até aos 37,50 °C (após 10

minutos de exposição), baixou até aos 37,30 °C (mínimo registado) após 49 minutos de exposição e voltou a crescer até ao término da exposição (37,46 °C). Durante o período de repouso a TIC continuou a aumentar, atingindo a temperatura registada antes da exposição após 2 minutos, mostrando uma evolução irregular no que restou do ensaio.

A TMP decresceu dos 31,14 °C (imediatamente antes da exposição ao frio) até aos 29,18 °C (após 24 minutos de exposição) aumentando, ligeiramente, até ao término da exposição (30,13 °C). Após 9 minutos de repouso a TMP igualou o valor registado antes da exposição ao frio, mantendo-se estável até ao fim do ensaio.

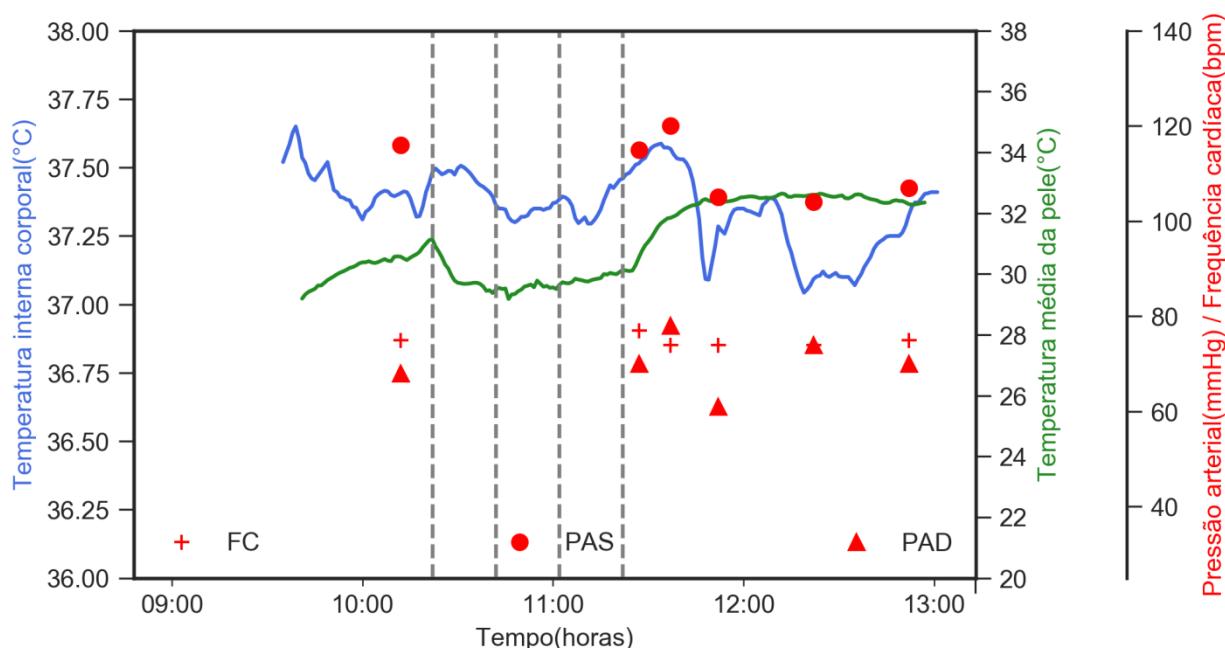


Figura 16 Evolução da TIC, TMP, PAS, PAD e FC do voluntário 7

A temperatura da mão esquerda diminuiu entre o momento antes da entrada da câmara (28,79 °C) e o momento de saída da câmara climática (21,98 °C). A temperatura registada antes da exposição foi atingida após 37 minutos de repouso.

A temperatura da testa decresceu durante o período de exposição ao frio até ao valor mínimo 30,30 °C após 20 minutos de exposição ao frio registando, posteriormente, um aumento até aos 30,62 °C, altura em que o voluntário abandonou a câmara climática. A temperatura registada antes da exposição ao frio (33,76 °C) não chega a ser atingida durante o período de repouso.

6.7.3 Questionário de sensação térmica

Na tabela 21 encontram-se descritas as respostas do voluntário 7 ao QST efetuado antes, durante e após a exposição ao frio extremo.

O voluntário 7 respondeu, antes da entrada na câmara climática, que se sentia ligeiramente fresco, ligeiramente desconfortável, que preferia estar mais quente e que o ambiente era

ligeiramente difícil de suportar. Logo após a entrada na câmara, o voluntário que se sentia ligeiramente desconfortável, que preferia estar ligeiramente mais quente e que o ambiente era ligeiramente difícil de suportar, mencionando o frio e dor nos dedos das mãos. Após os 20 minutos de exposição e até ao final da mesma, o voluntário respondeu sempre que não trabalharia nas condições em que se encontrava. A situação de maior desconforto ocorreu após 40 minutos de exposição, quando o voluntário respondeu sentir-se muito frio, estar muito desconfortável e desejar estar muito mais quente. Classificou ainda o ambiente como difícil, e mencionou ter frio nas mãos e dedos (mãos) e sentir dor nos pés, mãos e dedos (mãos). Após a saída da câmara climática as respostas foram apontando para a neutralidade das sensações, como se pode verificar após 60 minutos de repouso, quando o voluntário respondeu que se sentia confortável nas atuais condições. No entanto, mencionou o frio nos pés até ao final do ensaio.

Tabela 21 Respostas ao questionário de sensação térmica do voluntário 7

Momentos	Questões	1	2	3	4	5	6	7	8
10' antes exposição		-1	-1	2	Sim	-1	0	0	0
0' durante exposição		0	-1	1	Sim	-1	0	Dedos (mãos)	Dedos (mãos)
20' durante exposição		-3	-3	3	Não	-2	0	Mãos e Dedos (mãos)	Mãos e Dedos (mãos)
40' durante exposição		-4	-3	3	Não	-2	0	Mãos e Dedos (mãos)	Pés Mãos e Dedos (mãos)
60' durante exposição		-3	-3	3	Não	-2	0	Pés Mãos e Dedos (mãos)	Pés Mãos e Dedos (mãos)
5' após exposição		-1	-2	2	Sim	-1	0	Pés	Pés
20' após exposição		0	-1	1	Sim	0	0	0	Pés
40' após exposição		0	-1	1	Sim	0	0	0	Pés
60' após exposição		1	0	2	Sim	0	0	0	Pés
90' após exposição		0	0	1	Sim	0	0	0	Pés

6.8 Voluntário 8

6.8.1 Pressão arterial e frequência cardíaca

Na tabela 22 encontram-se descritos os valores da PAS, PAD e FC do voluntário 8 antes e após a exposição ao frio extremo. O 3 períodos de exposição contínua ao frio encontram-se assinalados com tracejado.

Tabela 22 Pressão arterial e frequência cardíaca do voluntário 8

10' antes exposição			5' após exposição			15' após exposição			30' após exposição			60' após exposição		
Sis	Dis	Fc	Sis	Dis	Fc	Sis	Dis	Fc	Sis	Dis	Fc	Sis	Dis	Fc
120	64	59	123	55	47	109	69	51	115	64	55	122	62	53

Realizaram-se cinco medições: uma antes e quatro após a exposição ao frio. Registou-se o aumento (3 mmHg) da PAS e a diminuição (9 mmHg e 12 bpm) da PAD e FC no período de 5 minutos posteriores à exposição ao frio, comparativamente aos valores recolhidos 10 minutos antes da mesma. Após 30 minutos de repouso, PAD e FC atingiram valores próximos (iguais, no

caso da PAD) dos registados antes da exposição, enquanto a PAS necessitou de mais meia hora de repouso para atingir o valor registado antes da entrada na câmara climática.

6.8.2 Temperatura interna corporal

Na figura 17 encontra-se ilustrada a evolução da TIC e os valores de PAS, PAD e FC. Os três períodos de exposição contínua ao frio encontram-se assinalados com tracejado.

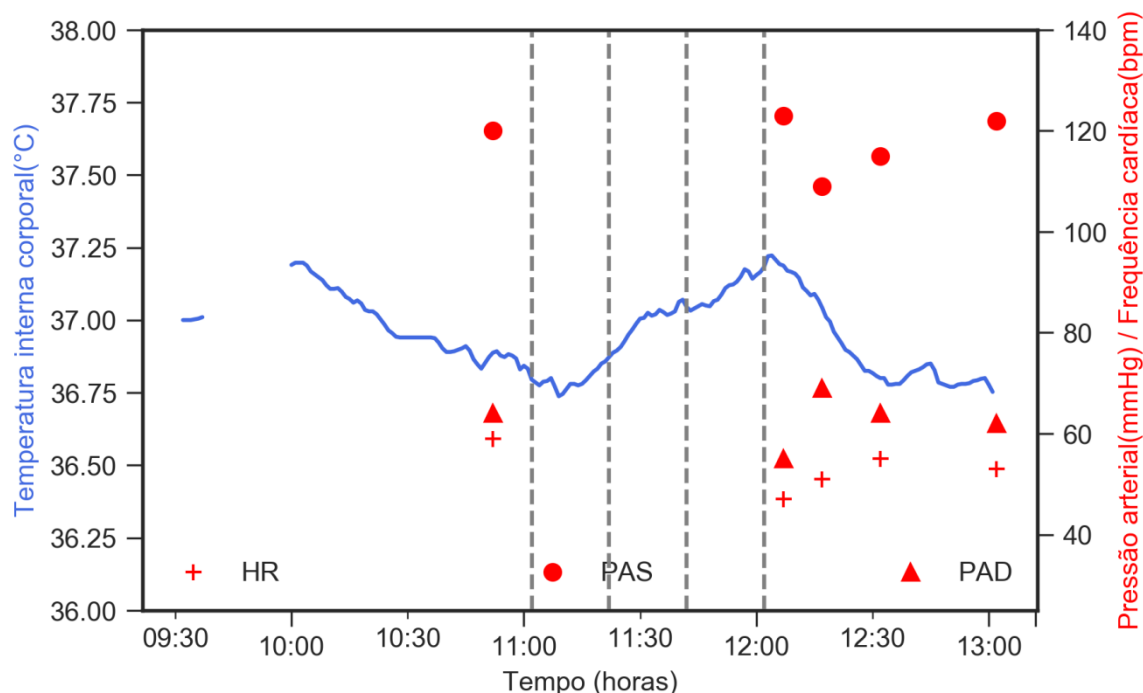


Figura 17 Evolução da TIC, PA DYS, SYS e FC do voluntário 8

No momento imediatamente antes da exposição ao frio, o valor da TIC do voluntário foi 36,80 °C. Durante a exposição ao frio, o valor da TIC diminuiu até aos 36,74 °C (após 7 minutos de exposição), e aumentou até ao término da exposição (37,18 °C). Durante o período de repouso a TIC diminuiu, atingindo a temperatura registada antes da exposição após 30 minutos de repouso.

6.8.3 Questionário de sensação térmica

Na tabela 23 encontram-se descritas as respostas do voluntário 8 ao QST efetuado antes, durante e após a exposição ao frio extremo.

O voluntário 8 respondeu, antes da entrada na câmara climática, que se sentia ligeiramente morno e com sonolência. Logo após a entrada na câmara, o voluntário respondeu que se sentia ligeiramente fresco, ligeiramente desconfortável, manifestando frio nos olhos e no nariz e negando a possibilidade de trabalhar naquelas condições climáticas. No decorrer da exposição, o as sensações de frio foram sendo atenuadas existindo, no entanto, referência ao frio nos dedos

(mão). Após a saída da câmara climática, o voluntário sentiu-se quente e com sonolência a partir dos 20 minutos de repouso até ao término do ensaio.

Tabela 23 Respostas ao questionário de sensação térmica do voluntário 8

Momentos	Questões	1	2	3	4	5	6	7	8
10' antes exposição		1	0	0	Sim	0	Sonolência	0	0
0' durante exposição		-1	-1	1	Não	-1	0	0	Olhos e Nariz
20' durante exposição		1	0	0	Sim	0	0	0	Dedos (mão)
40' durante exposição		1	0	0	Sim	-1	0	0	Dedos (mão)
60' durante exposição		1	-1	0	Sim	0	0	0	Dedos (mão)
5' após exposição		2	0	1	Sim	0	0	0	0
20' após exposição		3	0	-1	Sim	0	Sonolência	0	0
40' após exposição		3	0	-1	Sim	0	Sonolência	0	0
60' após exposição		3	0	-1	Sim	0	Sonolência	0	0

6.9 Voluntário 9

6.9.1 Pressão arterial e frequência cardíaca

Na tabela 24 encontram-se descritos os valores da PAS, PAD e FC do voluntário 9 antes e após a exposição ao frio extremo.

Tabela 24 Pressão arterial e frequência cardíaca do voluntário 9

10' antes exposição			5' após exposição			15' após exposição			30' após exposição			60' após exposição			90' após exposição		
Sis	Dis	Fc	Sis	Dis	Fc	Sis	Dis	Fc	Sis	Dis	Fc	Sis	Dis	Fc	Sis	Dis	Fc
98	58	67	108	55	65	102	60	64	96	57	63	81	51	60	90	53	62

Realizaram-se seis medições: uma antes e cinco após a exposição ao frio. Registou-se o aumento (10 mmHg) da PAD diminuição (3 mmHg e 2 bpm) da PAS e FC no período de 5 minutos posteriores à exposição ao frio, comparativamente aos valores recolhidos 10 minutos antes da mesma. Após 30 minutos de repouso, a PAS, PAD e FC atingiram valores idênticos aos obtidos antes da exposição ao frio.

6.9.2 Temperatura interna corporal e pressão arterial

Na figura 18 encontra-se ilustrada a evolução da TIC e os valores de PAS, PAD e FC. Os três períodos de exposição contínua ao frio encontram-se assinalados com tracejado.

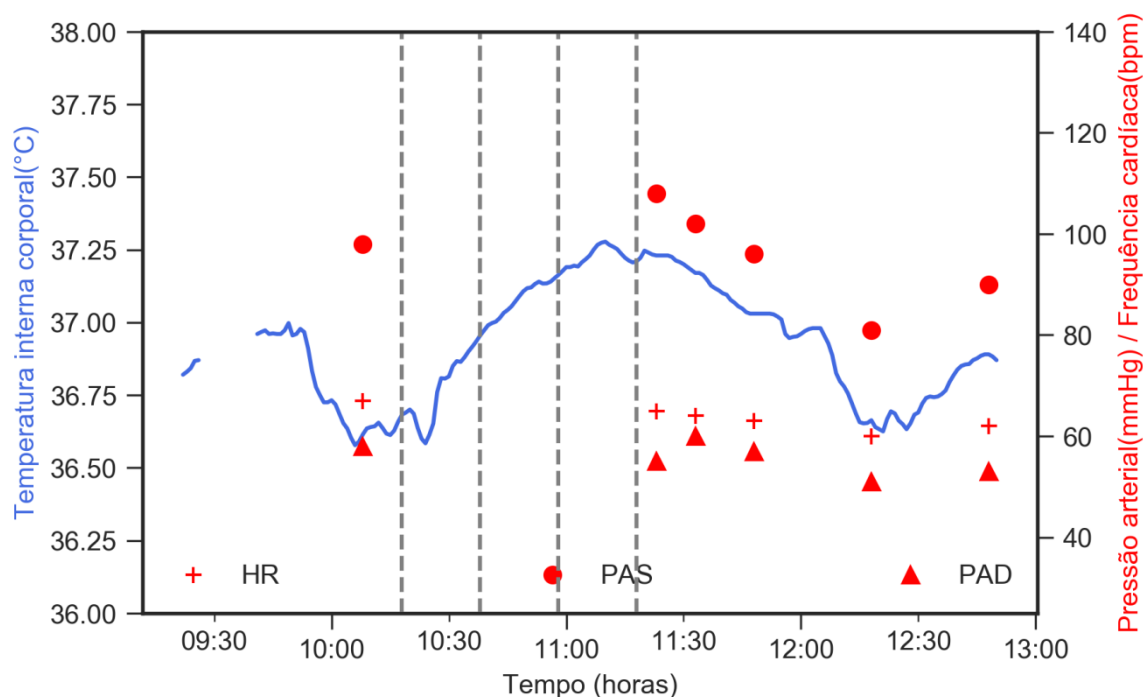


Figura 18 Evolução da TIC, PA DYS, SYS e FC do voluntário 9

No momento imediatamente antes da exposição ao frio, o valor da TIC do voluntário foi 36,68 °C. Durante a exposição ao frio, o valor da TIC diminuiu até aos 36,58 °C (após 6 minutos de exposição), e aumentou até ao máximo 37,28 °C (após 52 minutos). O valor de TIC registado quando o voluntário abandonou a câmara foi 37,21 °C. Durante o período de repouso a TIC diminuiu, atingindo a temperatura registada antes da exposição após 56 minutos de repouso.

6.9.3 Questionário de sensação térmica

Na tabela 25 encontram-se descritas as respostas do voluntário 9 ao QST efetuado antes, durante e após a exposição ao frio extremo.

Tabela 25 Respostas ao questionário de sensação térmica do voluntário 9

Momentos	Questões	1	2	3	4	5	6	7	8
10' antes exposição		3	0	-1	Sim	0	1	0	0
0' durante exposição		-1	-1	-1	Sim	-2	0	0	0
20' durante exposição		-1	-1	-1	Sim	-1	0	0	Nariz
40' durante exposição		1	0	0	Sim	0	0	0	Nariz
60' durante exposição		0	0	0	Sim	0	0	0	Nariz
5' após exposição		0	0	0	Sim	0	0	0	0
20' após exposição		0	0	0	Sim	0	0	0	0
40' após exposição		0	0	0	Sim	0	0	0	0
60' após exposição		0	0	0	Sim	0	0	0	0
90' após exposição		0	0	0	Sim	0	0	0	0

O voluntário 9 respondeu, antes da entrada na câmara climática, que se sentia ligeiramente morno e com sonolência. Logo após a entrada na câmara, o voluntário respondeu que se sentia

ligeiramente fresco, ligeiramente desconfortável, manifestando frio nos olhos e no nariz e negando a possibilidade de trabalhar naquelas condições climáticas. No decorrer da exposição, o as sensações de frio foram sendo atenuadas existindo, no entanto, referência ao frio nos dedos (mão). Após a saída da câmara climática, o voluntário sentiu-se quente e com sonolência a partir dos 20 minutos de repouso até ao término do ensaio.

7 DISCUSSÃO

7.1 Pressão arterial e frequência cardíaca

Após a exposição ao frio, a PAS aumentou em 5 voluntários (diminuiu nos restantes), a PAD aumentou em 4 voluntários (diminuiu nos restantes) e a FC aumentou em 6 voluntários (diminuiu nos restantes).

Numa investigação anterior, realizada por Kluth et al. (2011), onde foram medidos os valores de PA durante exposições repetidas ao frio extremo (80 min a -24 °C, 100 min -24 °C, 120 min -24 °C, com pausas entre exposições de 20 min a 20 °C), foi detetado o aumento de 15 mmHg e 6 mmHg da PAS e PAD, respetivamente, quando comparado com os valores registados em temperatura de conforto. No estudo de Li et al. (2009), onde foram testados vários níveis de equipamento para uma exposição repetida durante 15 minutos a -5,8 °C, com velocidade do ar menor que 0,2 m/s e humidade relativa $25\pm 6\%$, foram registados aumentos de 8,1 mmHg e 6,8 mmHg da PAS e PAD, respetivamente, em indivíduos que utilizaram o equipamento completo com a cabeça protegida. Os resultados obtidos nestes dois estudos diferem dos obtidos na presente investigação, uma vez que a PAS e PAD não aumentaram em todos os voluntários após a exposição ao frio extremo. Segundo Pozos & Danzl (2002), a resposta fisiológica relacionada com o aumento da PA é verificada apenas quando a TIC decresce até aos 36 °C, o que nunca aconteceu no presente estudo. No entanto, variações de ± 10 mmHg (ou mais) que não estão relacionadas com o trabalho no frio são comuns (Kluth et al., 2011).

No que diz respeito aos tempos de recuperação da PAS e PAD para valores basais, nos 7 voluntários em que foi possível a medição, 2 voluntários recuperaram após 15 minutos de repouso, 2 voluntários recuperaram após 30 minutos, 1 voluntário recuperou após 90 minutos, 1 voluntário recuperou a PAD após 30 minutos e a PAS após 60 minutos e 1 voluntário não atingiu os valores basais durante o tempo de recuperação, ficando estes acima dos valores registados durante o tempo de repouso. Segundo Li et al. (2009), o tempo de recuperação da pressão arterial será provavelmente tanto menor quanto maior for a temperatura da testa dos voluntários durante a fase de reaquecimento. Na presente investigação, após cruzamento dos dados da temperatura média da pele da testa com o tempo de recuperação da pressão arterial (nos casos em que foi possível recolher dados de ambas as variáveis em simultâneo), constatou-se que a temperatura média da testa, durante a fase de repouso, no caso dos 2 voluntários que recuperaram os valores basais da PA em 15 minutos, foi de 34,15 °C (voluntário 5) e 34,34 (voluntário 4). No caso de um dos voluntários que recuperou após 30 minutos, a temperatura da média da testa foi 34,38 °C (voluntário 6), no caso do voluntário que recuperou após 90 minutos foi 33,71 °C (voluntário 3) e no caso do voluntário cujos valores de PA durante o período de repouso ficaram abaixo dos valores basais, 32,94 °C (voluntário 7), o que parece ir de encontro ao estudo antes mencionado.

Na investigação de Li et al. (2009), em que os indivíduos permanecem sentados durante todo o período de exposição ao frio, a FC decresce. Já no estudo de Kluth et al. (2011), é realizado trabalho durante a exposição, o que leva ao aumento da FC. Associado à atividade física, o peso

do equipamento de proteção contra o frio acaba também por exigir um esforço maior do voluntário, contribuindo para o aumento da FC. Na presente investigação, 3 dos 9 voluntários registaram um decréscimo da FC após a exposição ao frio. Tal poderá ser justificado com a prática desportiva muito regular dos voluntários em questão, uma vez que indivíduos treinados possuem mais capacidade de recuperação pós esforço que indivíduos não treinados. Além disso, após a saída da câmara climática os voluntários permaneceram em repouso,

No que concerne aos tempos de recuperação da FC, 3 voluntários atingiram os valores basais após 30 minutos de repouso e 4 voluntários após 90 minutos de repouso. Os 3 voluntários (voluntários 4, 8 e 9) que necessitaram de 30 minutos para recuperar os valores de FC são os mesmos que informaram praticar desporto com mais frequência, o que poderá justificar, mais uma vez, um menor tempo de recuperação em relação aos restantes, que não praticam exercício físico com a mesma regularidade (Buchheit, 2006).

7.2 Temperatura interna corporal

Na investigação de Daanen (2009) sobre a influência do arrefecimento causado pela exposição a $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ e velocidade do vento $0,2\text{ m/s}$ na diminuição da destreza manual, onde foram recolhidos dados sobre a TIC através da medição da temperatura retal durante aproximadamente 40 minutos de exposição ao frio, registou-se um aumento nos primeiros minutos sucedido de um decréscimo ($-0,11\text{ }^{\circ}\text{C}$) até ao final do ensaio. Neste estudo os voluntários não efetuaram qualquer tarefa, permanecendo sentados. No estudo de Strapazzon et al. (2015) onde se utilizaram dois métodos diferentes em simultâneo para a medição TIC (medição da temperatura esofágica e medição da temperatura timpânica), os participantes permaneceram sentados durante 10 minutos a uma temperatura de conforto de $23,2\pm0,4\text{ }^{\circ}\text{C}$ e a uma temperatura de frio extremo de $-18,7\pm1,0\text{ }^{\circ}\text{C}$. Os resultados do estudo demonstraram uma diferença de $7,2\text{ }^{\circ}\text{C}$ entre a temperatura timpânica e esofágica durante a exposição ao frio extremo. A ISO 9886:2004 reconhece limitações na obtenção da TIC através da temperatura retal ou do tímpano, desaconselhando-os para a recolha de temperatura interna corporal em ambientes frios. Por outro lado, considera a temperatura intra-abdominal independente da temperatura ambiente e, por isso, válida para a obtenção da temperatura interior.

No presente estudo foi utilizada a temperatura intra-abdominal para a obtenção da TIC. A TIC de 6 dos 9 voluntários diminuiu nos primeiros momentos de exposição, aumentando até à saída da câmara climática. Nos restantes voluntários a TIC aumenta desde o início da exposição. Tal poderá ser explicado pelo trabalho efetuado no interior da câmara climática e consequente aumento da taxa metabólica (Mäkinen et al., 2001; Kim et al., 2007) bem como pelo fenómeno da vasoconstrição, que leva ao aumento da concentração sanguínea junto dos órgãos vitais, de forma a garantir o seu funcionamento (Charkoudian, 2010). O isolamento conferido pelo vestuário poderá também ter influenciado o aumento da TIC. Após o cálculo do índice de isolamento térmico do vestuário requerido para a tarefa (ANEXO II), segundo a ISO 11079:2007, concluiu-se que um isolamento entre $3,0$ e $3,4\text{ clo}$ seria o adequado (utilizou-se $5,12\text{ clo}$). As variações da TIC dos voluntários durante a exposição ao frio foram sempre menores que

0,54 °C. O valor mínimo de TIC atingido foi 36,53 °C (voluntário 3), nunca atingindo o limite mínimo referido na ISO 9886: 2004. O equipamento em excesso poderá ter contribuído de forma relevante para os valores de TIC superiores a outros estudos. Comparativamente ao estudo levado a cabo por Kim et al. (2007), na sua investigação sobre respostas fisiológicas e performance no manuseamento manual de cargas com diferentes pesos (sem carga, 9kg e 18kg) em ambientes de frio extremo (a -25 °C durante períodos de 30 minutos), a TIC retal diminuiu 1,1 °C, 0,8 °C e 0,6 °C, respetivamente. A ativação dos músculos dos membros inferiores e a consequente produção de calor influencia a TIC quando esta é obtida através da temperatura retal, que aumenta quanto maior for a exigência do exercício, não sendo independente do ambiente.

Durante o período de repouso, em que os voluntários permaneceram sentados a temperatura confortável, a TIC diminuiu. Dos 8 voluntários dos quais foi possível acompanhar o período de repouso, 5 recuperaram a temperatura basal em menos de 40 minutos, 2 mantiveram valores de TIC mais elevados dos antecedentes ao ensaio, e 1 (voluntário 9) recuperou a temperatura basal após 56 minutos de repouso. Este último (voluntário 9), obteve a variação maior durante a exposição ao frio (0,53 °C) e foi o voluntário que mais demorou a recuperar a TIC basal. Além de ser o único fumador entre os voluntários, facto que poderá ter tido alguma influência, é um dos voluntários com maior IMC e, visualmente, o que aparenta ter uma maior camada de gordura sob a pele, sendo que a gordura tem cerca de metade da condutividade do tecido muscular, influenciando de forma direta o tempo decorrido até que a TIC voltasse aos valores iniciais. (Nagashima et al., 2012).

7.3 Temperatura média da pele

Os voluntários tiveram de se despir para a colocação dos sensores de medição. Uma vez que grande parte da investigação foi levada a cabo no período de Inverno (embora a sala estivesse a uma temperatura confortável) é possível verificar uma descida da TMP na parte inicial do ensaio e um aumento momentos antes da entrada na câmara climática, altura em que os voluntários vestem o equipamento de proteção.

Durante a exposição ao frio, na generalidade dos voluntários (em que foi possível a recolha desta variável), a TMP decresceu durante os primeiros 30 minutos, aumentando até à saída da câmara climática. Kim et al. (2007), na sua investigação sobre respostas fisiológicas e performance no manuseamento manual de cargas em ambientes de frio extremo (-25 °C durante e períodos de 30 minutos), obteve uma descida da TMP (medida em 12 pontos diferentes) entre os seus voluntários de aproximadamente 2 °C (com cargas de 9kg), similar à diminuição média da TMP dos voluntários do presente estudo (1,7 °C). Numa outra investigação realizada por Renberg et al. (2015), que pretendeu investigar o efeito real da exposição ao frio (5 °C e -15°C) na atividade muscular, a TMP decresceu 2,7 °C (em ambas as temperaturas de exposição). O decréscimo é substancialmente maior do que o obtido na presente investigação. As diferenças poderão residir no maior tempo de exposição maior (2 horas), no tipo de vestuário utilizado (não referido), no tipo de atividade efetuada ou nas características individuais dos voluntários. Foi notório, após a

saída da câmara climática, o suor na testa e em partes corporais mais protegidas como o tronco, evidenciando que o excesso de isolamento poderá levar à transpiração e vasodilatação, causando perdas de calor que podem revelar-se perigosas para a termorregulação dos trabalhadores durante a exposição ao frio (Pozos & Danzl, 2002). Mais uma vez, o excesso de equipamento poderá ter contribuído para as diferenças nos resultados comparativamente a outros estudos. O uso de equipamento em excesso revela-se, assim, desaconselhado e perigoso, particularmente em exposições mais prolongadas (Pozos & Danzl, 2002).

Nos voluntários dos quais foi possível o acompanhamento do tempo de recuperação da TMP, 3 dos 6 voluntários regressaram aos valores basais antes dos 15 minutos após a exposição. Os restantes 3 concluíram o tempo de exposição com TMP mais elevada que a registada na temperatura de conforto, e assim se mantiveram durante o tempo de recuperação.

No que concerne à temperatura da mão esquerda, durante a exposição ao frio, todos os voluntários terminaram com uma temperatura menor que a registada na temperatura de conforto, exceto o voluntário 5. Devido aos movimentos com os braços dos voluntários durante a realização das tarefas, o sensor da mão deslocou-se, possivelmente, para uma zona mais protegida, resultando assim numa medição incorreta. A temperatura mais baixa registada pelos voluntários foi 20,01 °C, nunca se aproximando dos 15 °C, limite mínimo definido pela ISO 9886:2004. Na investigação de Gao et al. (2015), com o objetivo de validar e comparar duas normas no que diz respeito à avaliação do conforto térmico para equipamento de proteção no frio a temperaturas de 3,4 °C e -30,6 °C e a taxas metabólicas de 2MET e 4MET, temperaturas de mãos de 15 °C foram atingidas quando os voluntários usaram luvas finas. Quando os voluntários usaram luvas adequadas ao trabalho no frio, a temperatura da mão esquerda não baixou dos 20 °C. Na investigação levada a cabo por Zlatar (2017), a exposição a ar frio (-25 °C) ou o contacto com objetos frios causou o decréscimo de 10 °C da temperatura da mão em apenas ± 2 minutos, demonstrando que a temperatura das extremidades varia de forma frequente, rápida e abrupta, ressaltando a importância do uso de equipamento de proteção individual adequado às condições ambientais de trabalho. Neste contexto, e tendo em conta a comparação dos resultados de outras investigações com as do presente estudo, o arrefecimento local será o principal critério de limite.

Durante a fase de repouso, a temperatura da mão esquerda aumentou em todos os voluntários nos quais foi medida. Foram suficientes 15 minutos para que 4 dos 6 voluntários dos quais foi possível acompanhar o período de recuperação. O voluntário 7 necessitou de 37 minutos. Não foi considerado o tempo de recuperação do voluntário 5 devido ao erro de medição ocorrido durante a exposição ao frio.

A temperatura da pele da testa decresceu em todos os voluntários durante a exposição ao frio. Na investigação de Li et al. (2009), variações de $-3,5 \pm 0,7$ °C e $-3,6 \pm 1,0$ °C foram registadas quando os voluntários usavam proteção na cabeça (gorro) durante o período de exposição e de $-8,8 \pm 2,1$ °C e $-8,7 \pm 1,5$ °C quando os voluntários não usaram proteção na cabeça durante o período de exposição. Na presente investigação, os voluntários permaneceram na câmara climática com o carapuço colocado. Verificou-se que as variações de temperatura foram, na maioria dos casos, menores que as do estudo antes mencionado, uma vez que o carapuço oferece maior grau de proteção que o gorro. Os voluntários 1 e 2 apresentaram variações de temperatura da testa

maiores (9,79 °C e 5,37 °C, respetivamente). A fixação do sensor à pele dos voluntários foi comprometida, uma vez que a testa dos mesmos foi um dos locais onde se verificou existir mais sudção, complicando a fixação do sensor e possibilitando a sua deslocação. A superfície da testa é uma parte importante no processo de termorregulação, uma vez que regista taxas de sudção maiores que outras zonas do corpo (Nagashima et al., 2012). A ocorrência frequente e abundante de suor na testa dos voluntários reitera a possibilidade de o isolamento do vestuário não ter sido o adequado, dada a resposta fisiológica verificada e a necessidade de perda de calor por parte dos voluntários.

Dos 6 voluntários em que foi possível acompanhar, 4 recuperaram a temperatura da pele da testa registada antes da exposição 10 minutos após a exposição. O voluntário 5 (cuja variação foi menor que 1 °C) fê-lo 63 minutos após a saída da câmara climática, uma vez que os voluntários permaneceram sentados durante a fase de repouso, tornando mais difícil o reaquecimento. O voluntário 7 não atingiu a temperatura basal durante a fase de repouso possivelmente pelo mesmo motivo. No entanto, independentemente da recuperação, os valores apresentados pelos voluntários foram aceitáveis, facto corroborado pelas respostas fornecidas ao QST.

7.4 Questionário de sensação térmica

As respostas ao questionário de sensação térmica vão de encontro aos resultados obtidos nas medições da TIC e TMP.

Alguns voluntários manifestaram algum desconforto antes da exposição ao frio. Isso deve-se à preparação do ensaio, em que foi necessário que os voluntários permanecessem despidos durante algum tempo necessário para a colocação dos sensores de medição da TMP.

De uma forma geral, as temperaturas decrescem na fase inicial da exposição ao frio e aumentam até ao final do ensaio. As respostas ao questionário demonstraram um maior desconforto na fase inicial do ensaio, que se prolongou até metade do tempo de exposição em alguns voluntários. Em todos os voluntários verificou-se que o desconforto começa a desaparecer gradualmente no decorrer da exposição. Resultados diferentes foram obtidos no estudo de Lundgren et al. (2014), em que se pretendeu averiguar a validade e confiabilidade de uma escala de desconforto numa exposição a -20 °C durante 60 minutos, onde se verificou que o desconforto dos voluntários aumentou do início ao final da exposição. Neste estudo, os voluntários permaneceram deitados durante a exposição ao frio, fator determinante para a diferença entre os resultados do estudo em questão e da presente investigação. Os pés, o nariz e as mãos foram identificados como as zonas do corpo onde os voluntários sentiram mais frio ou dor. Enquanto o equipamento de proteção oferece isolamento necessário à TIC, as extremidades são mais suscetíveis de arrefecerem devido à vasoconstrição (Renberg et al., 2015).

Após 5 minutos de repouso, todos os voluntários estavam confortáveis ou até ligeiramente quentes, fruto das atividades desempenhadas no interior da câmara climática. Embora a sonolência, associada à perda de consciência, sejam sintomas de hipotermia (Hofmeyr, 2017), os relatos de sonolência neste ensaio não estão relacionados com o estado hipotérmico dos

voluntários. O longo período de repouso sem atividades estimulantes poderá ter sido relevante na sensação de sonolência.

8 LIMITAÇÕES, CONCLUSÕES E PERSPETIVAS FUTURAS

8.1 Limitações

Uma amostra maior influenciaria positivamente a robustez das conclusões do estudo. Encontrar voluntários dispostos a participar no estudo, pela necessidade de controlo médico, pelo tempo de protocolo e pela temperatura de exposição, foi uma das dificuldades encontradas. O equipamento e respetivos sensores utilizados para a medição da temperatura da pele mostraram-se frágeis e de difícil fixação à pele dos voluntários, apresentando algumas falhas na transmissão dos dados durante a exposição ao frio extremo.

8.2 Conclusões

A exposição ao frio extremo implica várias respostas fisiológicas do corpo humano que devem ser estudadas com o objetivo de definir limites de exposição seguros.

No presente estudo, foi investigada a evolução da TIC e da TMP durante a exposição ao frio com proteção individual usual, bem como o tempo decorrido até ao regresso aos valores iniciais, incluindo o da PA e FC. Concluiu-se que, em situação de trabalho durante a exposição ao frio extremo, em indivíduos saudáveis, a TIC e a TMP decrescem nos primeiros momentos da exposição e que, com o aumento da taxa metabólica, aumentam até ao término da exposição. Foram necessários 30 minutos de repouso após a exposição para a recuperação dos valores basais da PA, 90 minutos para a FC, 40 minutos de repouso para atingir os valores iniciais da TIC e 15 minutos de repouso para a TMP. No entanto, nenhum dos parâmetros atingiu valores próximos dos limites estabelecidos, sendo sempre obtidos valores em intervalos aceitáveis. A sensação térmica dos voluntários acompanhou a evolução da TIC e da TMP, uma vez que o desconforto foi diminuindo ao longo do tempo de exposição.

As temperaturas das extremidades variam de forma mais abrupta e num período de tempo mais curto comparativamente aos restantes parâmetros fisiológicos, podendo este ser considerado como critério crítico quando é utilizado EPI adequado à exposição.

O cálculo do isolamento do vestuário requerido é fundamental para a escolha do equipamento de proteção e, conseqüentemente, para a preservação da saúde dos indivíduos expostos ao frio. Deve ser dada atenção especial às extremidades uma vez que, quando bem protegidas, poderão resultar num maior conforto dos indivíduos expostos, aumentando a sua produtividade.

8.3 Perspetivas Futuras

Mais estudos devem ser conduzidos com amostras maiores e mais suscetíveis, de forma a avaliar o impacto que os fatores individuais (como a idade, sexo ou historial clínico) ou hábitos (como o

consumo de álcool ou tabaco) poderão ter na resposta fisiológica de indivíduos expostos ao frio extremo.

A TIC deve ser obtida através da temperatura esofágica e intra-abdominal, temperaturas consideradas independentes do ambiente. No 2.2. do anexo C da ISO 9886:2004, a temperatura retal é tida como válida para a obtenção da TIC, entrando em contradição com o que está referido na tabela A.2 do anexo A, sendo necessária uma revisão ao documento.

Devem ser adicionados mais pontos de medição da temperatura da pele, principalmente nas extremidades como os dedos das mãos, pés e nariz.

É necessária a criação de questionários validados para a sensação térmica que incluam questões sobre partes específicas do corpo, com incidência nas extremidades.

A criação de normas e diretrizes, ou a revisão das atuais, com tempos de repouso ajustados ao tipo de atividades efetuadas no frio, respectiva exigência física e nível de isolamento de vestuário necessário auxiliaria a implementação das mesmas no cenário da indústria.

9 BIBLIOGRAFIA

- (ACGIH), American Conference of Governmental Industrial Hygienists, (ACGIH). (2012). *ACGIH Threshold Limit Values (TLVs) and Biological Exposure Indices (BEIs)*. <http://doi.org/10.1073/pnas.0703993104>
- Bagley, R. J., Judelson, A. D., Spiering, A. B., Beam, C. W., Bartolini, J. A., Washburn, V. B., ... Casa, J. D. (2011). Validity of field expedient devices to assess core temperature during exercise in the cold. *Aviation Space and Environmental Medicine*, 82(12), 1098–1103. <http://doi.org/10.3357/ASEM.3102.2011>
- Baldus, S., Kluth, K., & Strasser, H. (2012). Order-picking in deep cold - Physiological responses of younger and older females. Part 2: Body core temperature and skin surface temperature. *Work*, 41(SUPPL.1), 3010–3017. <http://doi.org/10.3233/WOR-2012-0557-3010>
- Biem, J., Koehncke, N., Classen, D., & Dosman, J. (2003). Out of the cold: Management of hypothermia and frostbite. *Cmaj*, 168(3), 305–311.
- Buchheit, M. (2006). Cardiac parasympathetic regulation: respective associations with cardiorespiratory fitness and training load. *AJP: Heart and Circulatory Physiology*, 291(1), H451–H458. <http://doi.org/10.1152/ajpheart.00008.2006>
- Charkoudian, N. (2010). Mechanisms and modifiers of reflex induced cutaneous vasodilation and vasoconstriction in humans. *Journal of Applied Physiology (Bethesda, Md. : 1985)*, 109(4), 1221–1228. <http://doi.org/10.1152/japplphysiol.00298.2010>
- Daanen, H. a M. (2009). Manual performance deterioration in the cold estimated using the wind chill equivalent temperature. *Industrial Health*, 47(3), 262–270. <http://doi.org/10.2486/indhealth.47.262>
- DIN 33403-5. (1997). Title (german) Klima am Arbeitsplatz und in der Arbeitsumgebung - Teil 5: Ergonomische Gestaltung von Kältearbeitsplätzen (Climate at the workplace and its environments - Part 5: Ergonomic design of cold workplaces), 1.
- Flouris, A. D., Westwood, D. A., Mekjavic, I. B., & Cheung, S. S. (2008). Effect of body temperature on cold induced vasodilation. *European Journal of Applied Physiology*, 104(3), 491–499. <http://doi.org/10.1007/s00421-008-0798-3>
- Gao, C., Lin, L. Y., Halder, A., Kuklane, K., & Holmér, I. (2015). Validation of standard ASTM F2732 and comparison with ISO 11079 with respect to comfort temperature ratings for cold protective clothing. *Applied Ergonomics*, 46(Part A), 44–53. <http://doi.org/10.1016/j.apergo.2014.07.002>
- Hofmeyr, R. (2017). Wilderness cold-exposure injuries: An African perspective. *South African Medical Journal*, 107(7), 566. <http://doi.org/10.7196/SAMJ.2017.v107i7.12610>
- Hyrkäs, H., Ikäheimo, T. M., Jaakkola, J. J. K., & Jaakkola, M. S. (2016). Asthma control and cold weather-related respiratory symptoms. *Respiratory Medicine*, 113, 1–7. <http://doi.org/10.1016/j.rmed.2016.02.005>
- ISO 10551. (1995). Ergonomics of the thermal environment - Assessment of the influence of the thermal environment using subjective judgement scales, 1995.
- ISO 11079. (2007). Ergonomics of the thermal environment – Determination and interpretation of cold stress when using required clothing insulation (IREQ) and local cooling effects. *Euro Code SS-EN-1191-2*, (138227).
- ISO 15743. (2008). Strategy for risk assessment, management and working practice in cold

environment. *International Standards Organisation*.

ISO 9886: (2004). Ergonomics - evaluation of thermal strain by physiological measurements. *International Standards Organisation*.

ISO 9920. (2007). Ergonomics of the thermal environment — Estimation of thermal insulation and water vapour resistance of a clothing ensemble. *ISO*. <http://doi.org/10.1007/s11367-011-0297-3>

Johnston, W.A.; Nicholson, F.J.; Roger, A.; Stroud, G. D. (1994). *Freezing and Refrigerated Storage in Fisheries*. *FAO Fisheries Technical Paper - 340*. Food and Agriculture Organization (FAO).

Kim, T. G., Tochihara, Y., Fujita, M., & Hashiguchi, N. (2007). Physiological responses and performance of loading work in a severely cold environment. *International Journal of Industrial Ergonomics*, 37(9–10), 725–732. <http://doi.org/10.1016/j.ergon.2007.05.009>

Kluth, K., Penzkofer, M., & Strasser. (2011). Age-Related Physiological Responses to Working in Deep Cold. *Wiley Periodicals*, 53(4), 417–24.e5. <http://doi.org/10.1016/j.jaac.2013.12.025>

Komulainen, S., Oja, T., Rintamäki, H., Virokannas, H., & Keinänen-Kiukaanniemi, S. (2004). Blood pressure and thermal responses to whole body cold exposure in mildly hypertensive subjects. *Journal of Thermal Biology*, 29(7–8 SPEC. ISS.), 851–856. <http://doi.org/10.1016/j.jtherbio.2004.08.065>

Launay, J.-C., & Savourey, G. (2009). Cold Adaptations. *Industrial Health*, 47(3), 221–227. <http://doi.org/10.2486/indhealth.47.221>

Li, Y., Alshaer, H., & Fernie, G. (2009). Blood pressure and thermal responses to repeated whole body cold exposure: Effect of winter clothing. *European Journal of Applied Physiology*, 107(6), 673–685. <http://doi.org/10.1007/s00421-009-1176-5>

Liberati, A., Altman, D. G., Tetzlaff, J., Mulrow, C., Gøtzsche, P. C., Ioannidis, J. P. A., ... Moher, D. (2009). The PRISMA statement for reporting systematic reviews and meta-analyses of studies that evaluate health care interventions: Explanation and elaboration. *PLoS Medicine*, 6(7). <http://doi.org/10.1371/journal.pmed.1000100>

Luis Conceição Freitas. (2016). *Segurança e saúde no trabalho. Manual Técnico da NR 29*.

Lundgren, P., Henriksson, O., Kuklane, K., Holmér, I., Naredi, P., & Björnstig, U. (2014). Validity and reliability of the Cold Discomfort Scale: A subjective judgement scale for the assessment of patient thermal state in a cold environment. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*, 28(3), 287–291. <http://doi.org/10.1007/s10877-013-9533-7>

Mäkinen, T. M. (2007). Human cold exposure, adaptation, and performance in high latitude environments. *American Journal of Human Biology: The Official Journal of the Human Biology Council*, 19(2), 155–64. <http://doi.org/10.1002/ajhb.20627>

Mäkinen, T. M., & Hassi, J. (2009). Health problems in cold work. *Industrial Health*, 47(3), 207–220.

Mäkinen, T. M., Palinkas, L. A., Reeves, D. L., Pääkkönen, T., Rintamäki, H., Leppäluoto, J., & Hassi, J. (2006). Effect of repeated exposures to cold on cognitive performance in humans. *Physiology and Behavior*, 87(1), 166–176. <http://doi.org/10.1016/j.physbeh.2005.09.015>

Mäkinen, T. T., Gavhed, D., Holmér, I., & Rintamäki, H. (2001). Effects of metabolic rate on thermal responses at different air velocities in -10 degrees C. *Comparative Biochemistry and Physiology. Part A, Molecular & Integrative Physiology*, 128(4), 759–768. [http://doi.org/10.1016/S1095-6433\(01\)00281-1](http://doi.org/10.1016/S1095-6433(01)00281-1)

- Mitu, F., & Leon, M. M. (2011). Exposure to cold environments at working places and cardiovascular disease. *Revista de Cercetare Si Interventie Sociala*, 33(1), 197–208.
- Nagashima, K., Tokizawa, K., Uchida, Y., Nakamura-Matsuda, M., & Lin, C.-H. (2012). Exercise and thermoregulation. *The Journal of Physical Fitness and Sports Medicine*, 1(1), 73–82. <http://doi.org/10.7600/jpfsm.1.73>
- Pozos, R. S., & Danzl, D. F. (2002). Chapter 11 Human Physiological Responses to cold stress and Hypothermia. *Medical Aspects of Harsh Environments, Volume 1*, 351–382.
- Renberg, J., Stranna Tvetene, P., Wiggen, Ø., Roeleveld, K., Beekvelt, M., & Færevik, H. (2015). Muscle activity during simulated work in the cold. *Extreme Physiology & Medicine*, 4(Suppl 1), A113. <http://doi.org/10.1186/2046-7648-4-S1-A113>
- Strapazzon, G., Procter, E., Putzer, G., Avancini, G., Dal Cappello, T., Überbacher, N., ... Brugger, H. (2015). Influence of low ambient temperature on epitympanic temperature measurement: A prospective randomized clinical study. *Scandinavian Journal of Trauma, Resuscitation and Emergency Medicine*, 23(1), 1–6. <http://doi.org/10.1186/s13049-015-0172-5>
- Sutton, I. (2015). Chapter 7 – Health and industrial hygiene. *Plant Design and Operations*, 138–159. <http://doi.org/10.1016/B978-0-323-29964-0.00007-X>
- Wiggen, Ø. N., Heen, S., Færevik, H., & Reinertsen, R. E. (2011). Effect of cold conditions on manual performance while wearing petroleum industry protective clothing. *Industrial Health*, 49(4), 443–451. <http://doi.org/JST.JSTAGE/indhealth/MS1236> [pii]
- Zlatar, T. (2017). *Influence of Severe Cold Thermal Environment on Core and Skin Temperatures On Occupational Environment On Core And Skin*. FEUP.
- Zlatar, T., Baptista, J., & Costa, J. (2015). Physical working performance in cold thermal environment: A short review. In S. 2015 International Symposium on Safety and Hygiene (Ed.), *Occupational Safety and Hygiene III* (pp. 401–404). CRC Press. <http://doi.org/10.1201/b18042-81>
- Zlatar, T., Barkokébas, B., Martins, L., Brito, M., Torres Costa, J., Vaz, M., & Santos Baptista, J. (2017). Influence of cold thermal environment on packing workers from the frozen food processing industry. *Occupational Safety and Hygiene V - Proceedings of the International Symposium on Occupational Safety and Hygiene, SHO 2017*, 23–28. <http://doi.org/10.1201/9781315164809-6>
- Zlatar, T., Pereira Cardoso, J., Oliveira, J., Torres Costa, J., Vaz, M., & Santos Baptista, J. (2017). Evaluation on legislation and standards for working in severe cold thermal environment. *International Symposium on Occupational Safety and Hygiene*.

ANEXOS

Anexo I - Características dos estudos selecionados na Revisão Sistemática

Tabela 1. Estudos selecionados e características dos indivíduos utilizados

Referência (R)	Nome do artigo	Nº de Sujeitos	Média de Idades (Anos)	Média do Peso (kg)	Altura (cm)
1-Li et al. (2009)	Blood Pressure and Thermal Responses to Repeated Whole Body Cold Exposure: Effect of Winter Clothing	8 H 16 M	27,1±9,0 (18 a 51)	63,1±13,3 (42 a 91)	165,9±9,2 (152 a 183)
2-Kluth et al. (2013)	Age-Related Physiological Responses to Working in Deep Cold	30 H (2 grupos)	25,9±3,5 (20 a 35) e 55,7±6,9 (40 a 65)	79,0 ± 12,4	183 ± 1
3-Wiggen et al. (2011)	Effect of Cold Conditions on Manual Performance While Wearing Petroleum Industry Protective Clothing	12 H	23,0±1,8	77 ± 8	170-190
4-Lundgren et al. (2014)	Validity and reliability of the Cold Discomfort Scale: a subjective judgement scale for the assessment of patient thermal state in a cold environment	13 H 9 M	23,3 ± 4,4	72,7 ± 15,3	178,9 ± 9,6
5-Kim et al. (2007)	Physiological Responses and Performance of Loading Work in a Severely Cold Environment	8 H	23,1±0,8	59,2± 1,7	167± 1,9
6- Flouris et al. (2008)	Effect of body temperature on cold induced vasodilation.	6 H 4 M	23,8±2,0	71,6 ± 11,4	180 ± 10
7-Daanen (2009)	Manual Performance Deterioration in the Cold Estimated Using the Wind Chill Equivalent Temperature.	12 H	27,0±6,0	76 ± 12	184± 8
8- Gao et al (2015)	Validation of standard ASTM F2732 and comparison with ISO 11079 with respect to comfort temperature ratings for cold protective clothing	9 H	24,1 ± 2,6	74,5 ± 6,6	181 ± 5
9- Renberg et al. (2015)	Muscle activity during simulated work in the cold	15 H	-	-	-
10- Strapazzon et al. (2015)	Influence of low ambient temperature on epitympanic temperature measurement: a prospective randomized clinical study	29 H 2 M	38 ± 12 (22 a 61)	-	-

H - Homens M - Mulheres

Tabela 2. Materias e métodos dos estudos selecionados

R	Tipo de Trabalho	Vestuário	Objetivo do estudo	Protocolo
1	Sentado (Estático)	*C1-Colete, camisa de manga comprida, calças até ao tornozelo e sapatos de corrida (0.6clo) C2-C1+Luvras, casaco comprido e cachecol (1.25 clo) C3-C1+C2+Chapéu (1.37 clo) C4- C1+C2+Calças (1.49 clo) C5-C1+C2+C3+C4 (1.51 Clo)	Examinar as respostas termofisiológicas do uso de diferentes roupas de inverno na exposição a frio	Reaquecimento (R): 24,0 ± 1,0°C; Frio (F): -5,8 ± 0,2 ° C; 10 min R 15 min F 25 min 15 min F 25 min R 15 min F 25 min R 15 min F 15 min R
2	Ordenar paletes. Em média, os sujeitos moveram 227 itens com um peso total médio de aproximadamente 1,6 t /h	Roupa interior térmica, pullover, calças, Roupa de proteção contra frio (jaqueta grossa e calças compridas), chapéu, luvas térmicas, botas isolantes.	Verificar as mudanças fisiológicas no trabalho em ambientes frios e focar o envelhecimento como um importante problema ergonómico.	Reaquecimento (R): 20,0 °C; Frio (F):-24 ° C 20 Min R 80 min F 20 min R 100 min F 20 min R 120 min F 20 min R
3	Repouso/Pedalar (Andar de bicicleta)	Valores de isolamento da roupa (clo) 1,18 (22,0 ° C), 2,49 (5,0 ° C), 2,72 (-5,0 ° C), 4,2 (-15,0 ° C) e 4,27 (-25,0 ° C).	Investigar o desempenho manual e as respostas térmicas em indivíduos que usavam roupas de proteção padrão petrolíferas das indústrias do norte.	F1:20min a 22,0°C F2:108 min a 22°C ou 108 min a 5°C, ou 108 min a - 5°C, ou 2. 108 min a -15°C, ou 2. 108 min a -25°C
4	Deitados num colchão (estático)	Roupa interior térmica, boné de lã, 2 pares de luvas, 2 pares de meias e uma capa. Os pés e as mãos foram reforçados	Avaliar a validade de uma escala numérica de desconforto na monotorização de indivíduos saudáveis expostos a -20 ° C durante 60 min.	Reaquecimento (R): 21,0 °C; Frio (F):-20 ° C 15 min R 60 min F
5	Transporte de mercadorias de estantes para o empilhador	Roupa interior, calças (563 g), camisa de manga comprida (304 g), meias (60 g), um par de luvas (118 g), um capuz (195 g), calças de proteção contra frio (888 g), e um casaco protetor frio (1227 g). A massa total da roupa foi de 3,49 kg e o valor total de isolamento estimado foi de 3,4 clo. Os sujeitos também usavam botas anti-frio (1293 g).	Avaliar os efeitos do manuseamento repetitivo de mercadorias no desempenho manual e na resposta fisiológica dos trabalhadores num ambiente extremamente frio.	Reaquecimento (R): 20,0 °C; Frio (F):-25 ° C Os 30 min no frio são divididos em 3 trabalho (D;TL;TP) 20 min R 30 min F 20 min R 30 min F 20 min R 30 min F 20 min R
6	Sentado/pedalar (60% da capacidade cardíaca) /Sentado	2 Pares de calças, meias de lã, casaco, capuz ninja, luvas finas e luvas de proteção. Vestuário de controlo de temperatura (adicional)	Investigar a associação minuto a minuto entre a vasodilatação induzida pelo frio e temperatura do corpo durante uma exposição a frio prolongada.	Frio moderado: 5°C Frio (F):-20 ° C 60 min sentado 10 min bicicleta 60 min sentado

R	Tipo de Trabalho	Vestuário	Objetivo do estudo	Protocolo
7	Sentado	Roupa de trabalho de inverno padrão da Royal Netherlands Air Force: Roupa interior térmica, farda, jardineira, gola, meias quentes, chapéu de pelo com orelhas, luvas, óculos para evitar o congelamento e as pegadas nos tornozelos.	Avaliar a relação da diminuição da destreza relativamente à temperatura e condições de vento (contexto militar)	Sem informação base 0 ° C seco; max 60 min; 0,2 m/s max 60 min, 4m/s max 60 min, 8m/s -10°C molhado; max 60 min, 0,2m/s max 60 min, 4m/s; max 60 min, 8m/s -20 °C: max 60 min, 0,2 m/s max 60 min, 4m/s max 60 min, 8m/s
8	Correr na passarela a 2 ou 4 MET	Camisa, camisola de manga comprida de algodão e calças, meias masculinas, sapatilhas desportivas, luvas de lã à prova de vento, chapéu com acréscimo de casaco e calças do frio (2,28 ± 0,03 clo)	Validar e comparar a previsão das classificações de temperatura europeias (ISO 11079) e Americanas (ASTM F2732) usando humanos em 2 níveis de taxas metabólicas (116,4 e 232,8 W / m2) e fornecer evidências adicionais para melhorar as recomendações.	Reaquecimento (R): 21,9 °C; Frio (F):-30,6° C 35 min R 90 min(10 em 10min responde a um questionário) F 25min R
9	Exercícios dinâmicos localizados	Roupa de proteção do frio (não especificado)	Investigar o efeito de uma exposição realista a frio sobre a atividade muscular, usando a roupa de proteção contra o frio da indústria de mineração.	Frio (F):-15.° C 10 min flexão localizada dos músculos dos membros superiores x 5 5min de trabalho manuais diversos x 4
10	Sentados	Roupa de inverno incluindo chapéu, 10 voluntários usaram protetores de ouvido industriais.	Investigar a influência do isolamento das orelhas na diminuição da temperatura interna	Reaquecimento (R): 23,2 ± 0,4 °C Frio (F):-18,7° C 1° G:10min R 3 min R 15 min F 2° G:15min F 3min R 10 min R

C-Conjunto de roupa base D-Descanso; TL-Trabalho Ligeiro; TP-Trabalho Pesado F1-Fase 1; F2-Fase 2; MET-Equivalente metabólico da tarefa; G-Grupo

Tabela 3. Variação da TIC dos estudos selecionados

R	T (°C)	V. Ar (m/s)	Tempo de Exposição (min)	Variações						
				TIC(°C)						
				Método	Controlo	Frio				
1	-5.8	0.2	15 x 4*	-	-	-				
2	-24	-	80	Tímpano	Jovens: 36,6 Mais velhos: 36,9	Jovens: -1,3 Mais velhos: -2,0				
		-	120		Jovens: 36,6 Mais velhos: 36,9	Jovens: -1,5 Mais velhos: -2,2				
3	-5	0.05	108	Retal	-	0,47±0,21				
	-15				-	-0,50±0,20**				
	-25				-	-0,55±0,57***				
4	-20	0.2	60	-	-	-				
5	-25	0.2	30 x3*	Retal	37,3±0,1	D: -1,1; TL: -0,8; TP: -0,6				
6	-20	0.05	130	Média da Retal e Esofágica	-	36,31±0,57				
7	-20	0.2	40	Retal	37,5	-0,11				
		4			37,32	-0,20				
		8			37,48	-0,23				
	-10	0.2	40		37,22	-0,05				
		4			37,08	-0,09				
		8			37,22	-0,04				
		8			-30.6	-	90	Retal	≈37	T° similares, porém, ligeiramente maior na caminhada com maior intensidade (5,8 km/h)
					9	-15	-	120	Retal	-
10	-18.7	-	15	Sonda esofágica e tímpano	T° Média (Tímpano) Normal: 33,4 ± 1,5 para 34,2 ± 0,8 (0min a 10min) Protetores: 35,0 ± 0,8 para 35,5 ± 0,70min a 10min) G1normal=32,0 ± 0,9 G2normal=34,6 ± 0,7 T° Média (Esofágica) 36,8 ± 0,4 °C para 36,8 ± 0,3 (0min a 10min)	T° Média (Tímpano) Normal: 32,4 ± 1,6 para 28,5 ± 2,0 (0min a 15min) Protetores: 35,6 ± 0,6 para 35,2 ± 0,9 (0min a 15min) G1normal=31,5 ± 1,4 G2normal=33,3 ± 1,3 T° Média (Esofágica) 36,7 ± 0,4 °C para 36,8 ± 0,4 (0min a 15min)				

T°-Temperatura V-Velocidade do ar

*Exposição Repetida **A -15 ° C, apenas 10/12 finalizaram o ensaio, uma vez que a temperatura do dedo de sujeito diminuiu abaixo de 8 ° C. e outro abandonou após 74 e 81 min; ***A -25 ° C, apenas 5/12 terminaram o ensaio, uma vez que a temperatura do dedo diminuiu abaixo dos 8 ° C. e os restantes abandonaram após 31, 49, 54, 79, 80, 81 e 83 min.

Tabela 4. Variação da Temperatura da pele, da PA e FC dos estudos selecionados

R	T da Pele (°C)			PA (mmHg)		FC (bpm/min)	
	Método	Controlo	Frio	Controlo	Frio	Controlo	Frio
1	7 Sensores	(C3) 32.6±0.9	(C3) -2,4±0,6(variação de -3,8 a -1,1) Reaquecimento: -1,5 ± 0,5 (variação de -2,6 a -0,6)	(C3) PAS:114,9±10,1e PAD:72,9±8,2	(C3) No Frio: PAS:8,4 ± 5,0 (variação de -0,7 a 18,9) PAD:7,5 ± 4,7 (variação de -3,6 a 14,0) Reaquecimento: PAS:1,3 ± 5,7 (intervalo de -13,0 a 11,8) PAD: 0,2 ± 5,4 (varia de -10,5 a 9,8)	(C3) 66,4±9,6	(C3) -1,0 ± 4 (variação de -7,5 a 8,9) Reaquecimento: -3,1 ± 4,6 (variação de -12,3 a 6,5)
2	7 Sensores	-	Nariz: a temperatura diminuiu para 15, ficou com frio rapidamente enquanto aqueceu rapidamente. Dedo: diminuído para 16; Dedo do pé: diminuição menor mas contínua.	-	Jovens: PAS: 146 ± 20 PAD: 83 ± 13 Mais velhos: PAS: 149 ± 20 PAD: 85 ± 14 Em comparação com uma medida adicional da PA indivíduos em casa, regista-se um aumento de 15 PAS e PAD durante o trabalho no frio	-	Durante o trabalho: Jovens: +41 Mais velhos: +33 Pico individual nos jovens: 78 Pico individual nos mais velhos: 54 Durante o frio: Jovens: +8 Mais velhos: +3 Provavelmente por causa de mais 3 kg de roupas do frio) FC Média mais elevada nos jovens: 191; Utilização de 57 % da capacidade cardíaca no aquecimento e 62% no frio FC Média mais elevada nos mais velhos: 171; Utilização de 56% da capacidade cardíaca no aquecimento e de 59% no frio.
3	10 Sensores	-	Diminuiu durante a exposição a frio, com maior redução para -4,55 ± 0,75 (-5) e -4,81 ± 1,26 (-25) Dedos: A grande variação de temperatura foi devido às luvas que foram removidas para os testes manuais. A -15 um individuo registou menos de 8. A -25, apenas 5/12 terminou à medida que a temperatura diminuiu mais de 8.	-	-	-	-

R	T da Pele (°C)				PA (mmHg)		FC (bpm/min)	
	Método	Controlo		Frio	Controlo	Frio	Controlo	Frio
4	3 Sensores	-		A temperatura do dedo anelar esquerdo ao longo do ensaio nunca baixou aos 8.	-	-	-	-
5	12 Sensores	32,3±0,2°C Dedo do pé: 27 a 29		<p>Diminui desde do início até ao final do ensaio. Ao entrar e sair do ambiente frio, registou-se variações medidas de 3.</p> <p>Após a última exposição (29,5 a 30) Dedo do pé: 12,5 a 14,5 Gêmeo: D= 30,63 ± 0,30 TL: 29,60 ± 0,52 TP: 27,80 ± 0,33 Dedos da mão: D= 8,59 ± 0,91; TL = 9,80 ± 1,26, TP = 9,88 ± 0,72, diminuição de cerca de 10 após cada exposição a frio.</p> <p>Braço: D= 28,32 ± 0,29; TL= 29,64 ± 0,55; TP= 29,60 ± 0,61</p> <p>Abdómen: (32 a 34) mostrou a menor variação de temperatura entre todas as condições de temperatura da pele ao longo do ensaio; Peito: 31 a 33,5</p>				
6	-	-		-	-	-	-	-
7	3 Sensores	V. Ar (m/s)	33,3	V (m/s)	-	-	-	-
		0,2		0,2				
		4	31,31	4				
		8	30,3	8				
8	10 Sensores	33,34 Dedo do pé: 20		<p>≈26 - 5 quando comparada a uma exposição de 3,4; A temperatura do dedo mindinho da mão foi de cerca de -10 quando comparada a uma exposição de 3,4; Na maioria das vezes, a temperatura da pele do dedo do pé era inferior a 18; A temperatura média do dedo mindinho da mão entre os indivíduos</p>	-	-	-	

R	T da Pele (°C)			PA (mmHg)		FC (bpm/min)	
	Método	Controlo	Frio	Controlo	Frio	Controlo	Frio
			variou a maior parte do tempo entre 5 e 10 quando usado luvas Dedo do pé:16				
9	-	-	A -15 em comparação com a exposição 5 a temperatura média da pele e a temperatura da pele do dedo caíram 2,7 e 10-15 ° C, respetivamente. A temperatura da pele do antebraço foi estável em torno de 32,5 e 30,9 na exposição a 5 e 15, respetivamente.	-	-	-	-
10	-	-	-	-	-	-	-

Tabela 5. Tempos de recuperação dos vários parâmetros fisiológicos nos estudos selecionados

R	Tempo de Recuperação			
	TIC	T° da Pele (°C)	PA(mmHg)	FC (bpm/min)
1	-	A exposição a frio repetido teve um efeito significativo no período médio de recuperação da temperatura da pele, não atingindo o nível de base do teste após 15 minutos de recuperação	C3 e C5: Recuperada após 5 minutos de aquecimento C4: 10 Minutos C1 e C2: 20 minutos;	25 Minutos. A exposição a frio repetida teve um efeito significativo nas diminuições de FC (maior durante os as 1º Exposições $-3,5 \pm 3,4$) do que durante a 4º
2	-	Em ambos os grupos etários, um período de aquecimento de 20 min a aproximadamente a 20 não foi possível para recuperar a T° interna por completo.	-	-
3	-	-	-	-
4	-	-	-	-
5	-	T do dedo é recuperada no reaquecimento (20 min)		
6	-	-	-	-
7	-	-	-	-
8	-	-	-	-
9	-	-	-	-
10	-	-	-	-

Anexo II - Cálculo do índice de isolamento requerido

CALCULATION OF REQUIRED INSULATION, IREQ AND DURATION LIMITED EXPOSURE, Dlim

130	M (W/m ²), Metabolic energy production (58 to 400 W/m ²)
0	W (W/m ²), Rate of mechanical work, (normally 0)
-20	Ta (C), Ambient air temperature (< +10 C)
-20	Tr (C), Mean radiant temperature (often close to ambient air temperature)
5	p (l/m ² s), Air permeability (low < 5, medium 50, high > 100 l/m ² s)
1.2	w (m/s), Walking speed (or calculated work created air movements)
0.4	v (m/s), Relative air velocity (0.4 to 18 m/s)
30	rh (%), Relative humidity
5.12	Icl (clo), AVAILABLE basic clothing insulation (1 clo = 0.155 W/m ² K)

Calculate IREQ

Interpret IREQ

IREQ & Dlim RESULTS (minimal to neutral)

Insulation Required, IREQ to (clo)

REQUIRED basic clothing insulation (ISO 9920), Icl to (clo)

Duration limited exposure, Dlim to (hours)

AVAILABLE > REQUIRED MINIMAL & NEUTRAL basic clothing insulation

Anexo III - Artigo Científico

Occupational Safety and Hygiene SHO 2017 Proceedings Book — Arezes et al. (Eds)

© 2017 Sociedade Portuguesa de Segurança e Higiene Ocupacionais (SPOSHO)

ISBN 978-989-98203-7-1

Evaluation on legislation and standards for working in severe cold thermal environment

T. Zlatar, J. Pereira Cardoso, J. Oliveira, J. Torres Costa, M. Vaz, J. Santos Baptista
Laboratory for the Prevention of Occupational and Environmental Risks (PROA), University of Porto, Portugal

ABSTRACT: Severe cold exposure is present in indoor and outdoor working activities, affecting the core and skin temperatures, working performance, health and safety of the humans. The aim of this work was to evaluate the justification of work-rest periods and physiological limits set by present legislations and standards for working in severe cold thermal environment (SCE). The core and skin temperatures have been measured on one volunteer for 60 minutes at -20°C. Results show a decrease in the temperatures during the first minutes of SCE with low physical exertion, but afterward as the physical exertion increased, the Tcore rapidly and Tskin slowly increased till the end of exposure to SCE. It was concluded that during exposure to SCE, Tcore and Tskin were managed with appropriated physical exertion and cold protective equipment.

Keywords: cold exposure; core temperature; skin temperature; work-rest periods; physiological limits.

1. INTRODUCTION

Exposure to severe cold thermal environment (SCE) is a significant risk factor present indoor in all seasons (e.g. frozen food industry) and outdoor during the winter season (marine, army, agriculture, forestry, mining, factories, construction, winter sport athletic disciplines and related occupations) (Mäkinen et al. 2006). SCE reduces core (Tcore) and skin body temperature (Tskin), lower muscle and physical working performance while increase muscle fatigue (Zlatar, Baptista, and Costa 2015). The exposure to cold influence musculoskeletal (Tochiara et al. 1995) and cardiovascular complains, which can further on lead to injuries and diseases (Mäkinen & Hassi 2009).

ISO (International Organization for Standardization) (ISO 15743 2008) give

recommendations on risk and health assessment in cold environment (outdoor and indoor), and organizational preventive measures against cold risks. But it gives only general recommendations. Occupational safety and health professionals have to be trained to identify, estimate and manage the cold-related risk and health assessment.

The ISO 9886:2004 (ISO 9886 2004) give recommendations on physiological limits for Tcore of min 36.0°C. In exceptional circumstances, the ISO standard allows lower temperatures to be tolerated for short periods if subjects have been medically screened, if the local skin temperatures are simultaneously monitored and the relevant limits are respected; if the minimum local skin temperature is 15°C (in particular for the extremities); and if the worker is authorised to

leave the work when he pleases.

Some of encountered national institutions give guidelines to conduct work assessments, create safe work plans, and monitor conditions to protect the workers (Canadian Centre for Occupational Health & Safety (CCOHS) 2016; Occupational Safety and Health Service of New Zealand 1997; Croatian Institute for Health Protection and Safety at Work 2016; Work Safe Victoria 2008; Safe Work Australia 2011; WorkCover NSW 2001).

The most detailed encountered recommendations is the Brazilian regulation NR29 (Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho 2003), covering temperatures from +15 until -73°C; the UK Food and Agriculture Organization (FAO) giving recommendations for values below -20°C (Johnston, W.A.; Nicholson, F.J.; Roger, A.; Stroud 1994); the German Institute for Standardization (DIN) from -5 until -30°C (DIN 33403-5 1997); while in Canada and New Zealand (Occupational Safety and Health Service of New Zealand 1997; Canadian Centre for Occupational Health & Safety (CCOHS) 2016), the recommendations cover temperatures below -26°C, based on the document published by the American Conference of Governmental Industrial Hygienists (ACGIH).

The aim of this work was to evaluate the justification of work-rest periods and physiological limits set by present legislations and standards for working in SCE.

2. MATERIALS AND METHODS

The experiment was conducted at the Laboratory for the Prevention of Occupational and Environmental Risks (PROA), University of Porto. The experiment was approved by the Ethics Committee. A medical examination of the volunteer was conducted in Hospital São João, Porto, Portugal. A written consent was read and signed before the experiment started. The air temperature outside the climatic chamber was 18°C, and inside -20°C (SCE).

The experiment was conducted in the climatic chamber fitoclima 25000EC20. Tskin was measured with bioplux skin temperature sensors. The sensors were put according to ISO 9886:2004 (ISO 9886 2004) on 8 measuring points: forehead (Sk8), right arm in

upper location (Sk7), right scapula (Sk6), left upper chest (Sk5), left arm in lower location (Sk4), left hand (Sk3), right anterior thigh (Sk2) and left calf (Sk1). Tcore was measured through intra-abdominal temperature with an Equivital Ingestible Pill Sensor.

The volunteer wore special cold protective equipment (jacket with a hood, trousers, boots and gloves) above their normal cotton clothing (socks, underpants, undershirt, trousers, thinly long-sleeved shirt, and sweater). The trial duration was 3 hours with 60 min of exposure to SCE. The mean Tskin was calculated using the weighting coefficients as suggested by ISO 9886:2004.

3. RESULTS

Different work/rest recommendations for properly dressed healthy workers using cold protective equipment at -20°C are illustrated in the following table 1:

Figure 1 shows the results of Tcore and Tskin variations through the trial. On the left side axis are illustrated Tskin values, while on the right side are the Tcore values. The vertical lines represent the phase start/end and the period of exposure to cold (SCE).

Table 1. Work-rest recommendations

Given by	Category	D ex (min)	Intex (min)	RecT (min)
BR NR29	-18.0 to -33.9	240	60	60
FAO	-20>		50	10
DIN	-18 to -30		90	30

* D ex=total daily exposure; Int ex=Maximal interrupted exposure; RecT=Recovery time

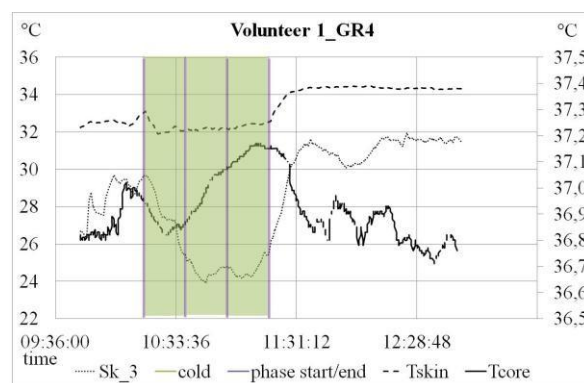


Figure 4. Results of the left hand (Sk_3), Tskin and Tcore temperature variations

4. DISCUSSION AND CONCLUSIONS

As illustrated in the figure 1, all measured temperatures increased in the first 30 minutes. The reason was that the sensors were put without clothes, afterward they dressed normal clothes which resulted in increasing of their temperatures. Ten minutes before exposure to SCE, the volunteers put the cold protective clothes which resulted in a second increasing.

The left hand (Sk_3) had the biggest decrease of all measured Tskin points. Afterward, it started slowly to increase which could be associated with more manual work. After SCE, hand skin temperature recovery period was less than 10 minutes to increase to the previous value (without gloves). Afterward, the hand temperature continued increasing.

The mean Tskin decreased from 33°C to 31.9°C in the first 7 minutes of exposure, where was a low physical exertion activity, but as further-on, the physical exertion increased, the Tskin remained stable and slowly increased till the end of exposure to SCE. Tskin recovery period at comfortable room temperature took 2 minutes to increase to the value before SCE. Afterward, the mean Tskin continued increasing to 34.4°C.

The Tcore decreased in the first 10 minutes of exposure to SCE, where was a low physical exertion activity, but as further on the physical exertion increased, the Tcore increased and continued increasing till the end of exposure.

While some countries give precise regulations and recommendations on work/rest periods in cold workplaces, the ISO gives recommendations only on lowest core and skin temperatures, risk and health assessment in cold environment (outdoor and indoor), and organizational preventive measures against cold risks. Both approaches appear to have advantages and disadvantages. The regulations and recommendations by countries with work/rest periods give an approach which is easy to implement, but do not consider type of physical exertion of the worker, therefore in some cases might result with too short or too long recovery period. The ISO 9886:2004 recommendations with lowest/highest core/ skin temperatures give an approach which is difficult for organizations to implement, requiring

complex equipment, procedures and knowledge to analyse and interpret results.

Tcore and Tskin obtained results show that if physical exertion was appropriated, physiological ISO 9886:2004 limits are not reached. With proper physical exertion and cold protective equipment, after the initial decrease, all measured points stabilized and didn't continue to decrease. On contrary from what was suggested, with appropriated physical exertion, Tcore was increased in SCE. The results from measured skin points show that the recovery to values prior to SCE occur in 10 min after 60 of SCE.

In conclusion, with this short study it is shown that there might be space to improve both the legislations and standards. With appropriated physical exertion, physiological limits set by ISO were not reached. With medium physical exertion, Tcore increased and Tskin remained stable even during exposure. The recovery period for all measured points was less than 10 min. Further studies should be conducted with bigger sample in order to be able with consistency to evaluate and question the justification for work-rest periods and recovery time of recommendations set by BR NR29 and FAO. For evaluating DIN 33403-5, there is a need for longer SCE exposure. There is a need also for further studies regarding organizational, physiological parameters or/and health challenges which might be a reason for setting current recommendations for maximal interrupted exposure and recovery time.

5. REFERENCES

- Canadian Centre for Occupational Health & Safety (CCOHS). 2016. "Cold Environments - Working in the Cold." Physical Agents.
- Croatian Institute for Health Protection and Safety at Work. 2016. "Smjernica Dobre Prakse: Rad U Hladnjačama."
- DIN 33403-5. 1997. "Klima Am Arbeitsplatz Und in Der Arbeitsumgebung - Teil 5: Ergonomische Gestaltung von Kältearbeitsplätzen (Climate at the Workplace and Its Environments - Part 5: Ergonomic Design of Cold Workplaces)".
- Fundação Jorge Duprat Figueiredo de Segurança e Medicina do Trabalho. 2003. "Segurança E Saúde No Trabalho

-
- Portuário.*” Manual Técnico Da NR 29, no. 1: 201.
- ISO 15743. 2008. “*Strategy for Risk Assessment, Management and Working Practice in Cold Environment.*” ISO.
- ISO 9886. 2004. “*Ergonomics - Evaluation of Thermal Strain by Physiological Measurements.*” ISO.
- Johnston, W.A.; Nicholson, F.J.; Roger, A.; Stroud, G.D. 1994. Freezing and Refrigerated Storage in Fisheries. FAO Fisheries Technical Paper - 340. *Food and Agriculture Organization* (FAO).
- Mäkinen, Tiina M, and Juhani Hassi. 2009. “Health Problems in Cold Work” *Ind. Health* 47 (3): 207–20.
- Mäkinen, T. M; Raatikka, V.; Rytönen M.; Jokelainen, J.; Rintamäki, H.; Ruuhela, R.; Näyhä, S.; and Hassi, J.. 2006. “Factors Affecting Outdoor Exposure in Winter: Population-Based Study.” *I. J. of Biometeorology* 51 (1): 27–36.
- Occupational Safety and Health Service of New Zealand. 1997. *Guidelines for the Management of Work in Extremes of Temperature.* First Edit. Occupational Safety and Health Service, Department of Labour, Wellington, New Zealand.
- Safe Work Australia. 2011. *Managing the Work Environment and Facilities: Code of Practice.*
- Tochihara, Yutaka, Ohnaka T., Tuzuki K. and Nagai Y., 1995. “Effects of Repeated Exposures to Severely Cold Environments on Thermal Responses of Humans.” *Ergonomics* 38 (5): 987–95.
- Work Safe Victoria. 2008. “*A Handbook for Workplaces: Safe Operation of Cold Storage Facilities*” no. 1: 64.
- WorkCover NSW. 2001. “Work in Hot or Cold Environments: Code of Practice 2001. WorkCover NSW.” Code Of Practice, 28.
- Zlatař, T, J Baptista, and J Costa. 2015. “Physical Working Performance in Cold Thermal Environment: A Short Review.” In *Occupational Safety and Hygiene III*, 401–4. CRC Press.
-